

ÖNSÖZ

Bu tezle, günümüzde hayatımızın büyük bir bölümünde kullandığımız, her geçen gün uygulama alanları biraz daha fazla artan plastik malzemeler, plastik malzemeler kullanılarak imal edilecek parçaların tasarımında dikkat edilmesi gereken noktalar, imalat sırasında oluşabilecek hatalar incelenmiş, bu hataların önceden nasıl tespit edilip imalatın daha verimli ve kaliteli hale getirilebileceği anlatılmıştır.

Tez çalışması içerisinde birçok görsel örnek vermeye çalışılmış ve uygulamalar içerisinde de analiz sonuçları ile tez çalışması içerisinde anlatılan konular daha somut bir şekilde gösterilmiştir.

Bu tez çalışmasında öncelikle şahsıma gösterdiği hoşgörü ve sabır için, daha sonra ise bu çalışmanın ileri gitmesinde değerli fikir, tavsiye ve yardımlarını ve en önemlisi zamanını esirgemeyen danışmanım Yard.Doç.Dr.Vedat Temiz'e teşekkür ederim.

Bu çalışmam sırasında benden yardımlarını esirgemeyen UMTAŞ A.Ş. CAD/CAM departmanı çalışanlarına ve departman yöneticisi sayın Mustafa Erten'e teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca, imal ettikleri bir plastik parçanın analiz sonuçlarının çalışmam içerisinde bulunmasına izin veren Serdar Plastik A.Ş. firmasına teşekkür ederim.

Bu tez çalışmamın, plastik malzemeler ile çalışan veya çalışacak olan herkese yardımcı bir kaynak olmasını umut ederim.

26.08.2005

Ahmet Barış KULDAŞLI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1.GİRİŞ	1
2. PLASTİK MALZEME BİLGİSİ	3
2.1. Plastik Malzemeler	3
2.1.1 Plastik Malzemelerin Genel Özellikleri	4
2.1.2 Plastiklerin İsimlendirilmesi	4
2.1.3 Plastik Malzemeler İçin Kullanılan Kısaltmalar	5
2.1.4 Plastik Malzeme Satıcıları	5
2.1.5 Ticari İsim ve Markalar	5
2.1.6 Plastik Malzemelerin Yapısının Güçlendirilmesi	5
2.1.7 Plastik Malzemelerin Dayanıklı Olduğu Maddeler	6
2.1.8 Plastik Malzemelerin Dayanıklı Olmadığı Maddeler	6
2.1.9 Plastik Malzemelerin Tanımlanması	7
2.1.10 Plastik Malzemelerin Renklendirilmesi	7
2.2. Plastik Malzeme Seçimi	8
2.2.1 Malzeme Seçiminde Temel Kriterler	9
2.2.2 Malzeme seçiminin basamakları	9
2.2.3 Mamulden İstenen Mekanik Özellikler	9
2.2.4 Termal Özellikler	10
2.2.5 Elektriksel Özellikler	10
2.2.6 Kimyasallara ve Diğer Çevresel Etkilere Dayanıklılık	10
2.2.7 Estetik Özellikler	10
2.2.8 Plastiklerin İşlenebilirliği	10
2.3 Plastiklerin Kimyasal Özellikleri	11
2.4. Plastik Enjeksiyon Yönteminde Kullanılan Bazı Termoplastikler	13
2.4.1. Polietilen (Yüksek yoğunluklu) PEHD	13
2.4.2. Polietilen (Düşük yoğunluklu) PELD	13
2.4.3. Poliyamid (Naylon) PA	13
2.4.4. Polipropilen PP	14
2.4.5. Poliyostrol (Polystyrol) PS3	14
2.4.6. PVC (Sert Polivinilklorid) PVCh	14
2.4.7. PVC (Yumuşak Polivinilklorid)	14
3. PLASTİK PARÇA TASARIMI	16
3.1. Plastik Parça Tasarımına Başlarken	16
3.2. Yeni Bir Ürün Oluşturmak	17

3.2.1. Doğru Plastik Malzemenin Seçimi	17
3.2.2. Doğru İmalat Yönteminin Seçimi	17
3.2.2.1. Sıkıştırma Kalıplama Metodu	18
3.2.2.2. Aktarma Metodu İle Kalıplama	18
3.2.2.3. Ekstrüzyon Plastik Kalıplama Metodu	18
3.2.2.4. Enjeksiyon Kalıplama Metodu	19
3.3. Yeni Tasarımlar İçin Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	20
3.4. Ürün Tasarlamak	20
3.4.1. Tasarıma Başlarken	21
3.5. Malzeme Seçimi	22
3.6. Ürün Şekli	22
3.6.1. Boyutsal Tolerans	23
3.6.2. Et Kalınlığı	23
3.6.3. Kaburgalar	24
3.6.4. Yuvarlatmalar	25
3.6.5. Göbekler	25
3.6.6. Delikler	26
4. PLASTİK ENJEKSİYON İŞLEMİ VE İMALAT HATALARI	27
4.1. Plastik Malzeme Kalıbı Nasıl Doldurur?	27
4.1.1. Dolum Fazı	28
4.1.2. Baskı Fazı	29
4.1.3. Telafi Fazı	29
4.2. Kalıp Tipleri	29
4.2.1. İki Plakalı Soğuk Yolluklu Kalıplar	29
4.2.2. Tek Gözlü Kalıplar	29
4.2.3. Çok Gözlü Kalıplar ve Aile Kalıpları	29
4.2.4. İki Plakalı Sıcak Yolluklu Kalıplar	30
4.2.5. Üç Plakalı Kalıplar	32
4.3. Kalıplamada Plastiklerin İmalat Sorunları	33
4.3.1. Yanık İzleri	33
4.3.2. Akış İzleri	34
4.3.3. Birleşme İzleri	35
4.3.4. Kalıp Birleşme Yüzeyinde İz	36
4.3.5. Kırıışık ve Pürüzlü Yüzey	36
4.3.6. Yüzeylerde Lekeler	37
4.3.7. Serpinti Oluşması	37
4.3.8. Çizikler	38
4.3.9. Eksik Ürün	38
4.3.10. Parçanın Kalıpta Kalması	40
4.3.11. Çapaklı Ürün	41
4.3.12. Parça İçinde Boşluk ve Yüzeyde Çöküntü Oluşması	43
4.3.13. Yüzeyde Oluşmuş Pencerecikler	44
4.3.14. Kalıptan Çıkarken Çarpılma	44
4.3.15. Sonradan Oluşan Çarpılma	45
4.3.16. Çatlama	46
4.3.17. Soyulma	46

5. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZ PROGRAMLARI	47
5.1.Malzeme Seçimi	48
5.2.Enjeksiyon İşleminin Simülasyonu	48
5.3.Baskı Sonrası Ürün Kalitesi	49
5.4.Yollukların Dengelenmesi:	50
5.5.Çarpımların Tespit Edilmesi	52
5.6.Soğutma Sistemlerinin Tasarlanması	52
5.6.Birleşme İzlerinin Tespiti	53
5.7.Gerilme Analizlerinin Yapılması	54
6.UYGULAMALAR	55
6.1. Manifold Montajında Çarpılma Sorununun Giderilmesi	55
6.2.Plastik Bir Kapak İmalatındaki Soğuma Problemi	65
6.3. Plastik Bir Pervanedeki Çarpılmanın Giderilmesi	68
7.SONUÇ	74
KAYNAKLAR	76
EK 1	77
ÖZGEÇMİŞ	90

KISALTMALAR

CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	: Bilgisayar Destekli İmalat
CAE	: Bilgisayar Destekli Mühendislik
FEM	: Sonlu Elemanlar Yöntemi
MPA	: Moldflow Plastic Adviser
MPI	: Moldflow Plastic Insight

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Kurutma sıcaklıkları ve sınır nem oranları	38
Tablo 6.1. Birinci parça analiz sonuçları	59
Tablo 6.2. İkinci parça analiz sonuçları	59
Tablo 6.3. Üçüncü parça analiz sonuçları.....	61
Tablo 6.4. Kapak malzeme özellikleri	65
Tablo 6.5. Analizden önceki soğutma şartları	65
Tablo 6.6. Analizden sonraki soğutma şartları.....	66

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 4.1 : Bir enjeksiyon kalıbı kesiti.....	27
Şekil 4.2 : Kalıba plastiğin basılması.....	27
Şekil 4.3 : Ergiyik ilerlemesi sırasındaki gerilmeler	28
Şekil 4.4 : Kalıpta plastiğin akışı.....	28
Şekil 4.5 : Bir aile kalıbı örneği.....	29
Şekil 4.6 : Sıcak yolluklu bir kalıp tasarımı.....	31
Şekil 4.7 : Akış izleri.....	34
Şekil 4.8 : Birleşme izleri.....	34
Şekil 4.9 : Eksik ürün.....	38
Şekil 4.10 : Hava boşlukları.....	42
Şekil 4.11 : Parça yüzeyinde çökmeler.....	43
Şekil 4.12 : Parçada çarpılma oluşması.....	44
Şekil 5.1 : Otomasyon adaları.....	46
Şekil 5.2 : Cycoly C1000 PVT diyagramı.....	46
Şekil 5.3 : Dolum aşamaları.....	47
Şekil 5.4 : Bir plastik parçada fiber yönlenmesi.....	47
Şekil 5.5 : En iyi malzeme giriş noktası analiz sonucu.....	47
Şekil 5.6 : Baskı sonundaki tahmini parça kalitesi dağılımı.....	48
Şekil 5.7 : Yollukların dengelenmesi.....	48
Şekil 5.8 : Bir ‘Lego’ kalıbının yolluk dengeleme sonuçları.....	49
Şekil 5.9 : Dolum verileri.....	49
Şekil 5.10 : Çarpılma.....	50
Şekil 5.11 : Soğutma kanalları.....	50
Şekil 5.12 : Tamponda parçasında birleşme çizgileri.....	51
Şekil 5.13 : Gerilme analizi.....	51
Şekil 6.1 : Manifold montajı.....	53
Şekil 6.2 : Manifoldun imal edilecek parçaları.....	53
Şekil 6.3 : Ağ (Mesh) örülmüş model.....	54
Şekil 6.4 : Birinci alternatif malzeme girişleri ve fiber yönlenmesi.....	54
Şekil 6.5 : Birinci alternatif çarpılma analiz sonucu.....	55
Şekil 6.6 : İkinci.alternatif malzeme girişleri ve fiber yönlenmesi.....	55
Şekil 6.7 : İkinci alternatif çarpılma analiz sonucu.....	55
Şekil 6.8 : Üçüncü alternatif malzeme girişi ve fiber yönlenmesi.....	56
Şekil 6.9 : Üçüncü alternatif çarpılma analiz sonucu.....	56
Şekil 6.10 : İkinci parça plastik giriş alternatifleri.....	56
Şekil 6.11 : Parça kalınlıklarının değiştirilmesi.....	57
Şekil 6.12 : Parça kalınlıklarının değiştirilmesi.....	57
Şekil 6.13 : İkinci parçaya kaburga eklenmesi.....	58
Şekil 6.14 : Üçüncü parça plastik giriş alternatifleri.....	58
Şekil 6.15 : İki parça için tasarlanan aile kalıbı ve plastik dolumu.....	59
Şekil 6.16 : Enjeksiyon basıncı ve gerekli kapama kuvveti.....	59
Şekil 6.17 : Dengelenmiş model.....	60
Şekil 6.18 : Dengelenmiş dolumda enjeksiyon basıncı ve kapama kuvveti.....	61
Şekil 6.19 : Kapak parçasının soğutma kanalı tasarımı.....	62
Şekil 6.20 : Analizden önceki ütüleme şartları.....	62
Şekil 6.21 : Çarpılmış kapak parçası.....	63

Şekil 6.22	: Analizden sonraki ütüleme şartları.....	63
Şekil 6.23	: Son durumdaki çarpılma miktarı.....	63
Şekil 6.24	: Pervane katı modeli.....	64
Şekil 6.25	: Pervane ilk çarpılma analizi sonucu.....	64
Şekil 6.26	: Pervane çarpılma analiz sonucu (Yandan görünüş).....	64
Şekil 6.27	: Parçada fiber yönlenmeleri.....	65
Şekil 6.28	: Değiştirilmiş plastik girişi.....	67
Şekil 6.29	: Parçada değişen fiber yönlenmeleri.....	67
Şekil 6.30	: Parçada değişen çarpılma.....	68
Şekil 6.31	: Çarpılma sebepleri.....	70
Şekil 6.32	: Pervane üzerinde çekme dağılımı.....	71
Şekil 6.33	: Pervane %Donma.....	72
Şekil 6.34	: Pervane geometrisi değişikliği.....	72
Şekil 6.35	: Pervane çarpılma sonuçları.....	73
Şekil 6.36	: Pervane taban geometrisi.....	73

PLASTİK ENJEKSİYON YÖNTEMİ İLE PARÇA İMALATI, İMALAT HATALARI VE HATA TESPİTİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, günümüzde hemen hemen her yerde karşımıza çıkan plastik malzemelerden yapılmış ürünlerin tasarımında dikkat edilmesi gereken unsurları ele almak ve imalatları sırasında oluşabilecek hataların önceden tespitinin bize sağlayacağı faydaları görmektir.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır.

İlk bölümde plastik malzemelerin ve plastik enjeksiyonla imalat yönteminin günümüzdeki durumundan, kalıplama yönteminin kullanılma sebepleri anlatılmıştır.

İkinci bölümde plastik malzeme kullanımının sebeplerinden, genel olarak kimyasal ve fiziksel özelliklerinden, davranışlarından bahsedilmiştir.

Plastik enjeksiyon yöntemiyle imal edilecek parçaların tasarımı sırasında dikkat edilmesi gereken hususların incelendiği üçüncü bölüm içerisinde ayrıca bir tasarımcı olmanın gerektirdikleri ve yeni bir tasarıma başlarken nasıl bir hareket planı çizmek gerektiği de anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde ise plastik enjeksiyon yönteminin genel yapısı ve enjeksiyon kalıplarının çeşitleri anlatılmış, bu tez çalışmasının da ağırlık verdiği konu olan plastik enjeksiyonla imalat yönteminde oluşabilecek hatalar incelenmiştir.

Beşinci bölümde bu hatalardan hangilerinin mevcut bilgisayar destekli tasarım ve analiz programları yardımıyla ve ne şekilde tespit edilebileceği anlatılmıştır.

Altıncı bölümde konunun endüstrideki uygulamaları örneklerle gösterilmiştir. Bu bölümde, sektördeki en ileri mühendislik yazılımı olan Moldflow firmasının Moldflow Plastic Adviser ve Moldflow Plastic Insight serisi kullanılmıştır.

Son bölümde ise ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, tecrübenin plastik parça ve enjeksiyon kalıbı tasarımındaki önemi inkar edilemeyecek derecede yüksek olmasına rağmen, mevcut analiz programları yardımıyla yapılan tasarım ve imalat kaliteyi yükseltecek ve imalat verimini de arttıracaktır.

PLASTIC PART PRODUCTION USING PLASTIC INJECTION MOLDING METHOD, PRODUCTION FAULTS AND FIXING THE PROBLEMS

SUMMARY

The aim of this project is to consider the important points while designing plastic parts that are in every place in our lives these days, and show the advantages of seeing the manufacturing faults before production.

This study involves seven chapters.

In the first chapter, the production methods and the reason of using plastic injection molding technology are explained.

The reason of using plastic materials, the main advantages, physical and chemical properties of this type of materials and the general behaviours of the plastic materials are mentioned in the second chapter.

In the third chapter where the main principles of designing plastic parts are considered, also the needs of being a designer and the planning methods while starting to design a new part are explained.

In the fourth chapter, the main structure of plastic injection molding and the types of injection molds are described. And also, the manufacturing faults are the main subject of this chapter.

Using the computer aided engineering softwares to determine the manufacturing problems of plastic injection molds and the plastic parts are explained in the fifth chapter.

In the sixth chapter, there are industrial applications of the plastic injection analysis. To prepare the examples of this section, Moldflow Plastic Insight and Moldflow Mold Adviser softwares are used.

The last chapter is the conclusion section. As a result, experience is very important in plastic injection mold designs but, the designs that are made by using computer aided engineering softwares will increase the quality and productivity.

1.GİRİŞ

Plastik malzemelerin sahip olduğu birçok olumlu özellikten dolayı, bu malzemelerden yapılmış ürünlerin hayatımızda kapladığı yer her geçen gün artmaktadır. Plastik malzemelerin en önemli özelliklerinden bir tanesi de seri imalata yatkın olmalarıdır.

Diğer birçok malzemede olduğu gibi, plastik malzemelerin de seri imalatı genellikle kalıplama yöntemiyle yapılmaktadır. Kalıplama yönteminin çok genel tanımlarsak; iş parçalarını detay resmindeki ölçü ve biçimlerine göre, sürekli ve özdeş olarak üretmek için, yapılan aperlara kalıp, yapan elemanlara ise kalıpcı, yapılan bu işe ise kalıpcılık denir.

Serbest dövme ve basma yoluyla imalatı gereken parça sayısı, belirli bir sayıyı geçtikten sonra bu yöntem ekonomik olmaz. Bu nedenle aynı boyut, biçim ve özellikleri gösteren parçaların imalatında kalıp önemli bir takım olmaktadır. Bu parçaların daha ekonomik olması seri üretimin ile mümkün olmaktadır. Kalıp ile üretimde belirli bir ölçü tamlığı sürekli olarak sağlanabilmekte, aynı zamanda kısa süreli basit bir işçilikle parçalar elde edilmiş olmaktadır.

Buradan da anlaşılabileceği gibi kalıp, daha kaliteli, daha hızlı, daha üretken çalışmanın ana unsurudur. Bu nedenlerden dolayı, günümüzde kalıpcılık her bölümü ile önem kazanan ve gelişen branş durumundadır.

Kaliteli ve düşük maliyetli üretimi, sanayi yönünden düşünürsek insan gücünün tesisi ve malzemeyi çok verimli kullanmak gerektiği sonucuna varılmaktadır. Kalıplarla, aynı şekil, ölçü ve kalitede, saniyelerle ölçülen zaman dilimlerinde, hızlı üretim gerçekleştirilir. Kalıplarla birim zaman içerisinde kaliteli, ne kadar çok parça üretilirse parça başına düşen maliyet değeri ters orantılı olarak azalmaktadır. Burada önemli olan husus şudur; parça üretimi için yapılması gereken kalıbı, gerçek anlamda bilinçli yapmaktır. Bunun için üretilecek parçayla, kalıp yapımıyla ve kalıp yapımın da kullanılan malzemelerle ilgili, teknik temel bilgilere sahip olmak gerekmektedir. Burada kalıp tasarımı ve işçilik gibi hususların, kalıp maliyetine ve doğal olarak üretilecek parçanın birim maliyetine etkisi büyük olmaktadır. Bu nedenle kalıp tadilatlarını azaltmak ve bu sayede maliyeti düşürmek için kalıbın imalatından önce

tasarımından kesin emin olmalı, üretilecek parça kalitesinde istenen değerler yakalanmalıdır.

2. PLASTİK MALZEME BİLGİSİ

Termoplastiklerin enjeksiyon yöntemi ile kalıplanmalarını tanıtmadan önce plastiklerin sınıflandırmasını yapmak gerekir. Plastikler uzun zincirli molekül yapısına sahiptir. Zincir yapıları lineer veya üç boyutlu çapraz şekilde olabilir. Bu bakımdan plastikler ‘Termoplastik’ ve ‘Termoset’ olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Termoplastiklerin yapısı bağımsız, lineer, uzun moleküllerden meydana gelir. Termosetler ise uzun çapraz şekilde bağlanmış moleküllerden meydana gelmektedirler. Ancak herhangi bir plastik malzeme termoplastik veya termoset şeklinde elde edilebilir. Bu durumda iki sınıf arasındaki ayrımın kalıplamadan sonraki yapıya göre yapılması daha uygun olur. Kalıplamadan sonra zincirleri lineer ve ayrı kalan plastikler termoplastik ve kalıplamadan sonra zincirleri çapraz şekilde bir yapı oluşturan plastikler de termoset sayılabilirler. Lineer zincire sahip plastikler kalıplama sırasında kimyasal bakımdan değişmezler ve tekrar tekrar kalıplanabilirler. Termoplastikler bu sınıftandır. Diğer taraftan çapraz yapıya sahip olanlar, bu yapı tersimez olduğundan bir defa kalıplama işlemine girdikten sonra tekrar kalıplanamazlar. Genellikle lineer yapıya sahip olan plastikler olan termoplastikler kolay kalıplanabilirler, karışık şekiller alabilir ve yüksek darbe dayanımına sahiptirler. Termosetler ise daha iyi boyut kararlılığı, ısı dayanımı ve elektriksel özelliklere sahip olmakla beraber daha zor kalıplanabilirler. Bu nedenle termoplastiklerin kalıplanmasında enjeksiyon, termosetlerde ise baskı ve transfer yöntemi kullanılmaktadır. [1]

Bu çalışmada da termoset ve termoplastik malzemelerin enjeksiyon yöntemi ile imalatları üzerinde durulacaktır.

2.1. Plastik Malzemeler

Bilim ve teknolojiye gelişmeler, insanlığın başlangıcında çok sınırlı olan malzeme kullanımını, hem malzemelerin çeşitliliklerini hem de değer ve kalitelerini yükseltmelerine paralel olarak çok hızlı bir şekilde arttırmıştır.

Çok uzun yıllar kullanılan metal, odun ve seramik gibi malzeme cinsleri yanında plastikler ancak yirminci yüzyıl başlarında tanınmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. Günümüze gelene kadar çok hızlı bir gelişim gösteren bu malzeme cinsi, artık birçok özellikleri açısından diğer malzemelerden üstün hale gelmiş, otomotiv, elektronik ve haberleşme başta olmak üzere hemen her sektörde en çok tercih edilen malzeme cinsi olmuştur.

2.1.1 Plastik Malzemelerin Genel Özellikleri

Plastikler en son ortaya çıkan malzeme gruplarından olmasına rağmen günlük hayatımıza en fazla giren malzemelerden birisidir. Kısa sürede yaygınlaşmalarının ve ekonomik önem kazanmalarının nedeni olarak plastiklerin özelliklerinin ve çeşitliliklerinin çok geniş bir aralıkta değişmesi gösterilebilir.

Çok çeşitli ve diğer birçok malzeme grubundan daha farklı özelliklere sahip plastiklerin ana özellikleri ;

- Özgül ağırlıkları azdır.
- Çok çeşitli mekanik özelliklere sahiptir.
- Kolay şekil verilebilir ve kolay işlenebilir.
- Katkı maddeleri ile özellikleri değiştirilebilir.
- Isı ve elektrik iletkenlikleri düşüktür.
- Saydam özellik gösterebilirler.
- Korozyona ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır.
- Yeniden işlenip kullanılır hale getirilebilirler.
- Ucuz bir şekilde üretilirler.

Yukarıda saydığımız bu özellikleri sayesinde plastikler her geçen gün hayatımızda daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. [2]

2.1.2 Plastiklerin İsimlendirilmesi

Genel olarak plastik isimlendirilmesi, mantıksal ve sistematik değildir. Çoğunlukla termoplastik ‘poli’ kelimesiyle başlar, bunu plastiğin yapıldığı ‘monomer’ ifadesi takip eder.

Plastikler üretildikleri monomerin başına “poli” kelimesi getirilerek isimlendirilirler. Örnek vermek gerekir ise; Stirenden hazırlanan plastıklara “polistiren”, etilenden hazırlananlara “polietilen” adı verilir. Plastiklerin üretildikleri hallerine genel olarak reçine adı da verilir. Plastik reçineler katkı içermeyen veya çok az katkı içeren malzemelerdir. Her üretici kendi plastik reçinesine Moplen, Petvinil gibi belli bir ticari isim vererek piyasaya sürer.

2.1.3 Plastik Malzemeler İçin Kullanılan Kısaltmalar

Polimerleri tanımlamak için karışık kimyasal isimler kullanıldığından neredeyse tamamen kısaltmalara başvurulmuştur. Bu kısaltmalar büyük harf dizisidir. Örnek olarak polistiren ve polietilen PS ve PE olarak kısaltılmıştır. Birçok standart organizasyonları, örneğin DIN ve BSI bu şekilde kısaltılmıştır. Bu bölümde en çok kullanılan kısaltmalara örnekler verilmiştir. Alçak özgül ağırlıklı (LD) polietilen PE-LD veya LDPE olarak gösterilmiştir.

Eğer malzeme homopolimer ise plastiğin kısaltmasından sonra PP-H şeklinde kullanılır. Eğer malzeme kopolimer ise plastik kısaltmasından sonra K harfi tavsiye edilir. C harfi PVC’den sonra kullanılması halinde PVC-C PVC’nin sıcaklığa dayanıklılığını arttırmak için sonradan klorlama işlemine tabii tutulduğunu gösterir.

2.1.4 Plastik Malzeme Satıcıları

Plastikler, diğer malzemelerdeki gibi dünya çapında yalnızca üreticileri tarafından alınıp satılmazlar. Satıcı listesi tam bir liste değildir, basit olarak temsilcilerdir. Dow, Dupont vb. şirketlerin temsilcileridir.

2.1.5 Ticari İsim ve Markalar

İmkanlar içerisinde belirli ürünlerle ilgili şirket tarafından verilmiş isimler belirtilmiştir. Çünkü bazı plastik tesislerinde plastikler ancak ticari isimleriyle bilinmektedirler.

2.1.6 Plastik Malzemelerin Yapısının Güçlendirilmesi

Plastiklerin yapıları, işleme şartlarındaki değişikliklerle ve dolgu maddesi kullanılarak ciddi şekilde değiştirilebilir. Birçok plastik maddesinde temel formül katkı maddeleriyle değiştirilerek kullanılır. Bazı plastikler katkı maddeleriyle daha fazla darbe dayanıklılığı ve çekme kuvvetine sahiptir. İstenilen yapı birleşimi fiberler

ya da diğerk katkı maddelerinin ilavesiyle elde edilir. İşleme ve performans katkı maddeleri de malzemeye ilave edilebilir. Bunlar antistatik, kristalleşmeyi geliştirici ve kalıba yapışmayı önleyici katkı maddeleridir. Karışıma ilave olarak konulan köpüklendirici katkı maddesi de süngerimsi ürün sağlar.

2.1.7 Plastik Malzemelerin Dayanıklı Olduğı Maddeler

Herhangi bir plastiğın belirli kimyasallara dayanıklılığı referans olarak kullanılmalıdır. Çünkü aynı plastiğın çok çeşitli tipleri vardır. Normalde plastikler kimyasallara iyi direnç gösterirler ve yine genel olarak yarı kristal plastiklerin kimyasal direnci amorf plastiklerden fazladır. Bütün plastikler için sıcaklık arttığında kimyasal dayanım azalır. Baskıdan çıkan malların yapıları kontrol edildiğinde üretim şartlarının yapılarına etkisi unutulmamalıdır. Eğer enjeksiyondan çıkan malzemenin hangi ortamda kullanılacağı biliniyorsa plastik üreticisinin konuyla ilgili bilgi broşürüne bakmakta fayda vardır. Zararsız bir çevrede kullanılması söz konusu olduğunda dahi plastiğın dayanıklı olduğı şartlar iyi bilinmelidir.

Plastiğın kimyasal direnci belirli uygulamalara bağlıdır. Plastiğın kullanıldığı ortamın sıcaklığı, kullanım süresi ve yük altında olup olmadığı plastiğın dayanıklılığını etkiler. Aşırı çevre şartlarıyla karşılaşabilir veya aşındırıcı kimyasallarla karşılaşılabilir. Bundan dolayı çevreye dayanıklılık bilgileri ham plastik malzemenin seçilmesinden önce belirlenir. Bu durumda malzeme seçimi kuvvetli ve zayıf asitlere, bazlara ve çözücülere plastiğın kimyasal direncine göre verilmiştir. Asitler kuvvetli veya zayıf, çözücüler polar veya polar olmayan diye ayrılırlar. Polar çözücüler elektriksel molekül yapısına sahiptir. Malzeme dengesizdir, elektriksel etkiyle molekül ayrılabilir. Polar olmayan çözücüler karbon tetraklorid, benzen ve hidrokarbonlardır.

2.1.8 Plastik Malzemelerin Dayanıklı Olmadığı Maddeler

Plastiklerin kimyasallara kısa süreli direnci iyi biliniyor. İyi bilinmeyen husus ise kimyasallara uzun süreli direnci veya çevresel baskısıyla çatlama direncidir. İlk bakışta plastik belirli kimyasallara dirençli gözükebilir. Örneğın su içinde kullanıldığında dahi, kullanım şartlarına bağlı olarak farklı olaylar gözlenebilir. Plastiğı, kullanılacağı çevrede denemek tek çözümdür. Çevresel şok çatlaması probleminin çözümü bazı olaylarda çok zordur. Plastik parça metal bir parçayla birlikte kullanılabiliyorsa, metal ve plastik arasındaki davranış farklılıkları daima

hatırlanmalıdır. Metale kimyasal etki genellikle yüzeyseldir, çürüme ve ağırlık kaybına sebep olur. Kimyasalların içeri alınmasıyla plastikte şişme ve yumuşama görülür. Bu durum malzemenin ağırlığının artmasına da sebep olur. İleri vakalarda belki yüzeyin eriyip çözülmesiyle yüzey çok aşırı şişebilir veya çürüyerek dökülerek ağırlığını kaybedebilir.

2.1.9 Plastik Malzemelerin Tanımlanması

Plastiklerin kesin tanımlanması için özel geliştirilmiş test cihazları gerekir. Burada yalnızca kolay ve ucuz olan test metodu anlatılmıştır. Bu tür bir testle bulunan özellikler özgül ağırlık, ısıtma yakma esnasındaki davranışlardır. Plastiğin yoğunluğu veya özgül ağırlığı, su dolu bir kaba küçük bir plastik parçası atılarak bulunur. Su yerine yoğunluğu bilinen sıvılar da kullanılarak plastiğin yoğunluğu belirlenebilir.

Isıtma ve yakma testleri çeker ocak altında plastik ısıtılarak ve yakılarak yapılır. Bu yöntem gözleme dayandığından, gözlemcinin tecrübeli olması ve gözlemin tercihen bilinen benzer plastiklerle paralel yapılarak değerlendirilmesi önemlidir. Bu tip testler ham reçine halindeki katkısız plastiklere uygulandığında sonuç verir. Katkılı plastikler yanıltıcı sonuç verirler. Test sırasında plastik temiz bir ısı iletmeyen kısıkaçla tutulmalıdır. Yanma sırasında çıkan gazlar zehirli olabilir, dolayısıyla havalandırma şarttır.

2.1.10 Plastik Malzemelerin Renklendirilmesi

Plastikler ilk üretildiklerinde genellikle renksiz, şeffaf, beyaz veya açık safi renktedirler. Amorf plastikler şeffaf olduğundan, yarı kristal plastiklere göre daha kolay boyanabilirler ve daha çok renk çeşidine sahiptirler. Plastiklerin boyanmasına da iki tip boyar madde kullanılır. Bunlar tamamen çözünerek boyama etkisi yapan maddeler ve çözünmeyen çok ince zerrelere halinde dağılarak boyama etkisi yapan maddelerdir. İlk tip kimyasallar çok az miktarda kullanılarak boyama sağlarlar, ancak katkı olarak kullanılan plastikleştirme ve diğer kaydırıcılarla yüzeye çıkarak rengin bozulmasına neden olduklarından bazı durumlarda tercih edilmezler.

Boya maddesi genellikle birbirine yapışmış tanelerden oluştuğu için plastikte iyi karıştırılabilmesi için çok sürtünmeli bir ortamda karıştırılmaları gerekir. Pigmentlerin iyi karıştırılıp dağıtılabilmesi için renk konsantresi adı verilen karışımlar hazırlanır.

Her durumda karışım çok hassas bir teknikle yapılmalı ve aynı rengi tekrar üretmeyi sağlamalıdır. Ayrıca en iyi renk tonunu vermeli ve kısa süreli makine kullanımına uygun olmalıdır. Plastiklerin çoğunluğu renkli olarak satılır. Bu karışımlar katı veya sıvı olabildikleri gibi çok renk çeşidine de sahiptirler. Katı olanlar en popüler olanlardır ve reçine taşıyıcılar üzerine veya polimere konulur. Diğeri ucuz olanıdır. Katı karışımlar kullanılmadan önce kullanılacak plastikte uygunluğu kontrol edilmelidir. Bazı plastiklerin diğer benzerleriyle aynı olduğu iddia edilir, fakat buna ihtiyatla bakılmalıdır. Karışım yoğunluğu sabit tutulmasına rağmen bir plastikten başka bir plastiğe geçildiğinde farklı renk tonu görülebilir. Aynı plastik/karışım oranı farklı makinede kullanıldığında dahi farklı renk tonu sıkça görülür. Kolay uygulanır görünmesine rağmen sıvı renkler geniş bir şekilde kullanılmaz. Çok iyi uygulamada aynı renk uzun süreli üretimde değişmeden tutulabilir. Ana problem, eğer boya dökülürse temizlenmesi veya doğru dozda kullanılmamasıdır.

Plastiğin ucuz yolla renklendirilmesi kuru renklendiriciler ile yapılır. Bunun dezavantajı sistemin dağınık ve tozlu bir yöntem olmasıdır. Renk tonunu korumak için poşet veya karton olarak doğru doz 25kg'lık plastik torbalarına ilave edilir. Kuru renkleri kullanırken, karışım esnasında granüllerini eşit bir şekilde boyayla karıştırmak erimiş plastikte iyi renk dağılımını sağlamaktır. Karışım tekniği granüllerin en iyi karışım zamanını tespit eder. Bir defa doğru renklendirme yöntemi tespit edildiğinde bu yöntemle sabit renk tutturma olanağı sağlanır. Boyanın depolama esnasında nem çekmemesine dikkat edilmelidir. Çünkü nem boyayı yuvarlak topakçıklar haline getirir. Bu topakçıklar renk tonlamasına ve baskı üzerine değişik renkte çizgiler oluşmasına neden olur. Zehirlenme problemi olabileceğinden toz halindeki boya, örneğin kadmiyum temelli pigmentler, dikkatli kullanılmalıdır. Bu problem bunun kullanımının neden azaldığını açıklar. Doğal plastiği boyamak için hangi metot kullanılırsa kullanılsın, daima akılda tutulması gereken şey yapısı ve baskı boyutları dikkate değer bir şekilde kullanılan boya veya pigment tarafından etkileneceğidir. [3]

2.2. Plastik Malzeme Seçimi

Belirli bir kullanım alanına uygun malzeme seçimi uzmanlık isteyen, zor bir iştir. Hedeflenen kullanım için en uygun malzemeyi belirleme için bilgi birikiminin sistemli bir şekilde kullanılması gereklidir. Burada malzeme seçiminde önemli

kriterler genel hatlarıyla verildikten sonra plastik malzeme seçimine ışık tutacak ipuçları ile plastiklerin özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmeye çalışılacaktır.

2.2.1 Malzeme Seçiminde Temel Kriterler

Malzeme seçiminde iki temel düşünce vardır. Malzemenin işlevini sağlama yeterliliği ve maliyeti. Belli bir kullanım için seçilen malzemenin fonksiyonunu yerine getirilmesi özelliklerine bağlıdır. Malzemenin mekanik, elektriksel, kimyasal, estetik, optik ve daha birçok özelliği seçimde değişik ağırlıkta rol oynar. Maliyet, parça için kullanılan hammadde maliyetine ilaveten mamul haline gelmesi için gerekli tüm işlemler için gerekli harcamayı kapsar.

Maliyet, kullanımı mümkün malzeme seçiminde çok önemli bir etken olmasına rağmen başlangıçta ilk istenen malzemenin hedeflenen fonksiyonu sağlamasıdır. Mesela, bir diş fırçası imali için malzeme seçilirken fırça sapının sert olması ve fırçanın sürtünmesi sırasında kırılmaması temel istektir. Bu özelliği yerine getiren malzemeler arasında maliyeti düşük olan seçilir.

2.2.2 Malzeme seçiminin basamakları

Malzeme belirlenirken yapılması gereken ilk iş hedeflenen mamulden beklenenlerin detaylı olarak belirlenmesidir. Mamulün kullanım alanına yönelik gereksinimler önem sırasına göre sıralanmalıdır. Belirlenen özelliklerden bazıları bazen birçok plastik grubunu seçim dışı bırakır. Örneğin bir büyüteç veya gözetleme camı plastikten yapılacaksa, şeffaf olmayan tüm polimerler kesinlikle seçilemez.

Her mamul için ihtiyaç duyulan özellikler değişiktir. Mamulden beklenen fonksiyonlar arttıkça malzeme seçimi de daha zor olur. Örneğin cetvel yapımı için birçok plastik ailesi uygundur ama uzay aracı parçası için gerekli o kadar çok fonksiyon olabilir ki, bazen bilinen malzeme gruplarının hiçbirisi istenen fonksiyonları yerine getiremediği için yeni malzemeler geliştirilmektedir.

2.2.3 Mamulden İstenen Mekanik Özellikler

Plastik malzemelerden beklenen temel mekanik özellikler aşağıda görülebilir;

- Sağlamlık
- Kimyasallara karşı dayanıklılık
- Şeklini koruma özelliği

- Yük değişimine dayanım
- Aşınmaya direnç
- Mukavimlik

2.2.4 Termal zellikler

Mamulün kullanılacağı en yüksek ve en düşük sıcaklık aralığı veya başka bir ifadeyle servis sıcaklığında malzeme özellik değişimleri dikkate alınmalıdır. Malzemenin ısı geçirgenliği ve genleşmesi, erimesi, bozunması termal özelliklerinden bazılarıdır.

2.2.5 Elektriksel zellikler

Elektriksel zelliklerin başında malzemenin iletkenlik ve yalıtım özellikleri yer alır. Çalışma koşullarına göre malzeme seçiminde dikkate alınmalıdır.

2.2.6 Kimyasallara ve Diğer evresel Etkilere Dayanıklılık

Mamulün maruz kalacağı şartlar dikkate alınarak seçilen malzemenin tek başına çalışma şartlarına dirençli olması veya daha ucuz bir malzemenin evre koşuluna dayanıklı bir malzeme ile kaplanması gibi yollar denenebilir.

2.2.7 Estetik zellikler

Mamulün görünümü bazen çok önemlidir. Dolayısıyla plastik malzemeyi güzel gösterecek, süsleyecek tekniklerin malzemeye uygunluğuna da bakılır. Plastik malzemelerin en büyük görsel avantajı çok kolay boyanabilmesidir.

2.2.8 Plastiklerin İşlenebilirliği

Metal olmayan malzemelerin ısı iletimleri çok düşüktür ve bu nedenle kesme işlemi sırasında ortaya çıkan ısı, takım ucunda ve takımda yoğunlaşır. Bu durumda, sıradan takımlarla yumuşak bir malzeme keserken bile, ısı artışı etkisi ile kırılma meydana gelebilir. Isı iletimi zayıf olan malzemeler, ısı etkisi ile erir ve takıma zarar verirler. Isıya maruz kalan termoset malzemeler yumuşamaz, ancak ısı dağılımı düşük kalır. Dolgu malzemeleri, fiberglas, asbestos, kağıt veya pamuk gibi kuvvetlendirici malzemelerin aşındırma etkisi fazladır ve bu nedenle takımın ömrünü azaltır. Plastikler, ultrasonik yöntemle kesilebilir. Bu metotta şekillendirme için iş parçası, düşük işleme gerilimi ile kalıp içinde şekillendirilir. Termoplastikler, ultrason

kaynağı ile birleştirilebilir. Titreşim etkisi ile birleşme esnasında, temas yüzeylerinde erime meydana gelir.[4]

Demir olmayan metaller ve plastıklere, kılavuzla vida açılabilir ve kalıplanabilir. Ancak takımların keskin olması gerekir. Plastiklerin kesilerek şekillendirilmesi, kuru veya soğutma yapılarak sağlanabilir. Soğutucu olarak hava, yağ, sabunlu su veya sade su kullanılabilir.[5]

2.3 Plastiklerin Kimyasal Özellikleri

Üretim şekline bağlı olarak ve içerdikleri katkılara bağlı olarak plastik malzemelerin özellikleri çok değişebilmektedir.

Polimer özellikleri incelenirken tamamen aynı şartta yapılan deneyin sonucunun karşılaştırılması sağlıklıdır. İncelenen tüm değerler aynı laboratuarda yapılamayacağından, pratikte plastik özellikleri için farklı kaynaklardan alınan değerler incelenirken test metotlarına bakılmalıdır. Aynı test metodu ile yapılmış testlerde dahi numune hazırlanmasındaki küçük farklar bazı test sonuçlarını etkiler. Özellikle mekanik özellikler için değişik laboratuvar sonuçlarını karşılaştırırken numune hazırlama koşullarının da bilinmesi gerekir.

Plastiklerin en önemli avantajlarından birisi hafif bir malzeme tipi olmalarıdır. Özellikle taşıma söz konusu olan ambalaj ve otomotiv gibi uygulamalarda plastiklerinin hafifliği enerji tasarrufu sağlar.

Plastiğin dayanıklılığı mekanik özelliklerine bakılarak değerlendirilebilir. Mekanik özelliklerden çekme dayanımı arttıkça malzemenin daha dayanıklı olduğu anlaşılır.

Çekme modülü ise malzeme kopma dayanımının uzamasına oranını gösterir. Küçük bir değer farkı dahi önemli malzeme farkına karşılık gelir. Basma dayanımı ve modülü de tıpkı çekme testi gibi yorumlanır.

Uzama değeri ise, malzemenin gevrek veya sünek yapıda olduğunun bir göstergesidir.

Darbe dayanımı malzemenin tokluğunun bir ölçüsüdür. Darbe dayanımı değeri arttıkça kırılmalık azalır.

Isı geçirgenliği plastiğin ısıyı iletme özelliğini gösterir ve küçüldükçe malzemenin ısıyı daha iyi izole ettiği, geçirmediği anlaşılır.

Spesifik ısı değeri arttıkça plastiği ısıtmak için daha fazla enerji verilmesi gerektiği anlaşılr. İşleme sırasında ısı ihtiyacı maliyet açısından önemlidir. İşleme sırasında maliyeti belirleyen diğer özellikte polimerin yumuşama veya erime sıcaklığıdır.

Kristalli polimerler erime noktası gösterirler. Amorf polimerlerde ise camsı geçiş sıcaklığı denen bir sıcaklıkta polimer yumuşamaya başlar. Belirtilen sıcaklıklar ne kadar düşükse, polimer işlenirken o kadar az enerji harcanır. Buna karşılık bu değerlerin oda sıcaklığına yakın olması kullanım sıcaklığını azaltacağı için istenmez.

Isıyla genleşme katsayısı, plastiğin ısı ile boyutlarındaki artışı oranını ifade eder. Plastikler ısıyla metallere nazaran beş kat daha fazla boyut değiştirirler. Bu durum metalle birlikte plastik kullanılan uygulamalarda dikkate alınmalıdır.

Sürekli kullanım sıcaklığı plastik mamulün şeklini değiştirmeden ve performansında bir değişim olmaksızın kullanıldığı sıcaklıktır. Sürekli kullanım sıcaklığı camsı geçiş sıcaklığından düşük olmak zorundadır. Bu sıcaklık mamulün kullanım yerinde karşılaştığı yüke de çok bağlıdır.

Polimerlerin elektrik akımına gösterdiği direnç arttıkça direncin arttığı malzemenin iyi bir izolatör olduğu anlaşılr. Elektrik iletimi bu değerin tersidir. Plastiklere özel katkılar katılarak iletkenlikleri arttırılabilir. Katkısız haldeyken plastikler bilinen en iyi izolatörlerdendir.

Plastiğin şeklini koruma özelliği ise çekme modülü veya elastikiyet modülü denen değerden anlaşılr. Plastikler metallerden daha yumuşak malzemeler olduğundan şekil koruma özellikleri de daha azdır. Elastikiyet modülü arttıkça şekil koruma kabiliyeti artar. Polimerlerin elastikiyet modülleri metallere nazaran çok düşük olmasına rağmen plastiğin hafifliği nedeniyle ağırlığa oranla dayanım bakımından plastikler avantajlıdır.

Plastik malzemenin maliyetine bakıldığında ağırlık bazında plastik fiyatlarının metallerden genellikle fazla olduğu görülür. Genellikle mamuller hacim bazında ele alındığından hacim bazında maliyet bakımından plastikler birçok metalle eşdeğer konuma gelmektedir. [5]

2.4. Plastik Enjeksiyon Yönteminde Kullanılan Bazı Termoplastikler

Bu çalışmanın genel hedefi malzeme bilgisi olmamakla beraber sıkça karşılaşılan plastikler hakkında kısaca bilgi verilecektir.

2.4.1. Polietilen (Yüksek yoğunluklu) PEHD

Dayanıklı, sıcaklığa karşı dirençli, şekil sabitliği yüksek, iyi yüzey sertliğine sahip, dielektrik özelliği çok iyi olan, ucuz sayılan bir plastiktir. Tatsız ve kokusuzdur. Sterilize edilebilir. Asitlere, alkole ve sudkostik gibi maddelere karşı dayanımı iyidir. Benzin, benzol ve hipoklorite karşı dirençsizdir. Maksimum 105 °C sıcaklığa kadar kullanılabilir. Çanak, kase, kova, sepet gibi mutfak ve ev gereçleri, oyuncak, ambalaj ve taşıma kapları, şişeler, yüksek frekans parçaları, tıbbi gereçler, kutular gibi geniş kullanım alanları vardır. Ön kurutma 65°C de 1-1.5 saat yapılmalıdır. Özgül ağırlığı 0.94 – 0.96 gr/cm³ tür. Kalıp tasarımı %4...2 çekme payı dikkate alınmalıdır.

2.4.2. Polietilen (Düşük yoğunluklu) PELD

Yüksek bükülebilme kabiliyeti, iyi ısı dayanımı, düşük yüzey sertliği, çok iyi dielektrik özelliği yanında tatsız ve kokusuzdur. Çanak, kase, kova ve benzeri mutfak ev gereçleri, süs eşyaları, ambalaj kapları, tıbbi gereçler, yüksek frekans parçaları yapımında kullanılır. 85-95°C sıcaklıklara kadar kullanılabilir. Asitlere, bazlara ve alkole karşı dayanıklıdır. Aynı şekilde eter, ester madeni yağ ve grese dayanıklı, kloritlere, benzol, benzin gibi akaryakıtlara karşı dirençsizdir. Ön kurutma 65°C'de 1-1,5 saat yapılmalıdır. Özgül ağırlığı 0,92-0,94 gr/cm³ tür. Kalıp tasarımı %2...4 değerinde çekme payı dikkate alınmalıdır.

2.4.3. Poliyamid (Naylon) PA

Dayanımı yüksek, düşük sürtünme değerli, aşınmaya karşı dirençli, ısı değişimlerine karşı şekil sabitliği iyi, kimyasal etkilere karşı dayanımı iyi bir plastiktir. Zayıf alkalilere, alkol, ester, eter, benzin, benzol, makine yağı ve greslere karşı dirençlidir. Asitlerden etkilenir. 90-110°C sıcaklıklara kadar kullanılabilir. Özgül ağırlığı 1,13gr/cm³ değerindedir. Çoğunlukla dişli çark, kam, yatak burcu, kavrama parçaları, bilyalı yatak kafesleri gibi teknik parçalar, vantilatör pervaneleri, sıhhi armatür parçaları, taşıma kasaları, tıbbi gereçler, fırça kılları, saç tarağı, ev eşyaları,

yapımında kullanılır. 60-85°C de 2 ile 3 saat ön kurutma uygulanır. Kalıp tasarımımda %2,5...1 değerinde çekme payı dikkate alınmalıdır.

2.4.4. Polipropilen PP

Dayanımı yüksek, yüzey sertliği iyi, 120°C sıcaklığa kadar sterilize edilebilen, zayıf asitlere karşı dirençli, benzin ve benzole karşı dirençsiz, hafif, ensek ve ucuz, kalıplaması kolay bir plastiktir. Birçok hallerde poliyamidin yerini alır. 120-130°C sıcaklıklara kadar kullanılabilir. Özgöl ağırlığı 0,91 gr/cm³ değerindedir. Çanak, kova, tekne, bidon, şişe gibi genel kullanım parçaları, oyuncak, hassas mekanik ve elektronik türden parçaların imalatında kullanılır. Pratikte nemlenme olmaz. 0 °C sıcaklığın altında gevrekleşir. Kurutma 75°C de 1-1,5 saat süreyle yapılmalıdır. Kalıp tasarımımda çekme payı kolay akma imkanı olan kalıplarda %1,2...2,5, zor akan tasarımlarda %2...3 kadar alınmalıdır.

2.4.5. Poliyostrol (Polystyrol) PS3

Darbeye karşı dayanımlı, dielektrik özellikleri iyi, mukavemeti yüksek, zayıf asitlere, alkalilere, yağ ve alkole karşı dirençli bir plastiktir. Maksimum 60-70°C sıcaklıklarda kullanılabilir. Telefon, radyo ve televizyon gövdeleri, buzdolabı kapı ve parçaları, elektrik ve elektronik parçalar yapımımda kullanılır. Kalıp yapımımda %0,4...0,6 kadar çekme payı düşünölmelidir.

2.4.6. PVC (Sert Polivinilklorid) PVCh

Mukavemeti, sertliği, tokluğu iyi, çürümeye ve korozyona dirençli, dielektrik özelliği uygun, zor yanabilen bir plastiktir. En fazla 60-70°C sıcaklıklarda kullanılabilir. Asit ve alkalilere, alkol, benzin, makine yağı ve grese karşı dirençlidir. Ester, benzol ve hipoklorite karşı direnci zayıftır. Özgöl ağırlığı 1,4 gr/cm³ değerindedir. Armatür sanayinde, pompa parçaları, conta, elektrik izolasyon elemanları, ev ve büro makineleri yapımımda kullanılır. Kalıp yapımımda %0,4...0,5 değerinde çekme payı dikkate alınmalıdır.

2.4.7. PVC (Yumuşak Polivinilklorid)

Lastik karakterine benzer esnekliktedir. Yumuşatıcı etkisinden dolayı yiyecek maddeleri ambalajında kullanılmaz. En fazla 40-70°C sıcaklıklarda kullanılabilir. Sızdırmazlık elemanları, radyo, telefon cihazları, tamponlar, cihaz ayakları,

oyuncaklar, tesisat elemanları, araç tutamakları, sandalet benzeri giyecek çeşitlerinde kullanılır. Asit ve alkalilere karşı dirençlidir. Makine yağı ve grese karşı dayanıklıdır. Alkol, ester, eter, benzin, benzol ve hipokloritlere karşı dirençsizdir. Kalıp yapımında %1,5...3 değerinde çekme payı dikkate alınmalıdır.

Buraya kadar çok geniş olan plastikler ailesinin örnek olabilecek birkaç tanesi özet olarak tanıtılmaya çalışılmıştır. Tasarlanacak parçadan teknik, ekonomik ve estetik beklentilere göre belirlenmesi gereken malzeme seçimi çok önemli bir konudur. Bu konu hakkında geniş bilgilenme için kaynak eserlere müracaat edilmelidir. [1]

3. PLASTİK PARÇA TASARIMI

Daha önceki bölümde belirtilen çeşitli avantajlarından dolayı plastik parçalar artık hem endüstriyel imalatta, hem günlük hayatımızda büyük bir yer kaplamaktadır. Bu kadar fazla alanda kendisine yer bulan plastik parçaların tasarımında dikkat edilmesi gereken bir takım kurallar bulunmaktadır.

Uygun, kullanılabilir ve kabul edilebilir hedef tasarıma karar verildikten sonra bu tasarımın gerçekleştirilebileceği iki yol vardır.

Eski yöntemi kullanırsak; çizimler, prototip ve ürünle deneyler, gerekli dayanıklılık analizleri, görsel düzeltmeler şeklinde bir yol izleyebiliriz.

Modern yöntemde ise; uygun bir tasarım seçiminden sonra, bilgisayar destekli tasarım ve analiz programlarının kullanımı ile gerekli dayanım ve akış testleri yapıp, tasarımın son şekli verilir.

Günümüzde yeni olarak ortaya çıkan birçok tasarım aslında eski ürünlerin, geliştirilmiş şekilleridir. Tasarımcı, yeni bir tasarıma başlamadan önce piyasadaki ilgili tasarımların mümkün olduğunca fazla miktarını incelemeli, hangi iyi yönlerin önemli olduğunu ve hangi hatalardan kaçınması gerektiğini iyi çalışmalıdır.

Tasarımcı, ürünün hem performans hem de görünüş olarak beklentileri karşıladığından emin olduğu gibi, tasarladığı ürünün ekonomik olarak üretilebileceğinden de emin olmalıdır.

3.1. Plastik Parça Tasarımına Başlarken

Neden plastik malzemeden yapılmış bir ürün tasarımı? Genellikle yapılan tasarım ya hiç yapılmamış bir ürünü yaratmak ya da eski ürünlere benzer fakat daha iyi, müşteri beklentilerini daha iyi karşılayan ve daha ekonomik ürünler tasarlamak şeklinde gerçekleşmektedir.

Aşağıdaki sebeplerden dolayı tekrar tasarlanması gerekli olmuş birçok örnek mevcuttur:

- Farklı görünüş ve daha fazla satış çekiciliği
- Uzun ömür, kolay kullanım gibi sebeplerle performans geliştirme

- Ağırlık (maliyet) azaltılması
- Malzeme değişiklikleri
- Ürün parça sayısının azaltılması
- Kolay ve daha hızlı montaj

3.2. Yeni Bir Ürün Oluşturmak

Tasarımcının ilk olarak karar vermesi gereken nokta, tasarımını yaparken hangi tip plastik malzeme kullanacağıdır. Uygun plastik malzeme seçiminden sonraki adım ise, imalatın hangi yöntem ile yapılacağıdır.

3.2.1. Doğru Plastik Malzemenin Seçimi

Ürünün performansını direkt olarak etkileyecek, farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip binlerce plastik malzeme çeşidi bulunmaktadır. Ayrıca bu plastiklerin de birbirinden çok farklı imalat yöntemleri mevcuttur. Bu yüzden, her şeyden önce tasarımcı, iki ana tip plastik, termosetler veya termoplastiklerden birini seçmelidir.

Termosetlerle imalatla, ortaya çıkan ürün kimyasal olarak orijinal karışımdan farklılık gösterir ve bu ürünler geri dönüşümlü ürünler değildir. Çok kısıtlı bir kısmı dışında tekrar kullanımları mümkün değildir. Fakat termoset ürünlerin ısıya daha fazla direnç göstermeleri, daha iyi fiziksel, kimyasal, elektriksel özelliklere sahip olmaları da bu ürünlerin artılarıdır.

Termoplastik malzemelerle imalatla ise, kullanılacak olan plastik soğuk kalıba enjekte edilmeden önce ısıtılmalıdır. Karışım kimyasal özellikleri ısıtma, enjeksiyon ve soğutma işlemleri sırasında neredeyse hiç değişmez. Genellikle tüm malzeme tekrar kullanılabilir.

3.2.2. Doğru İmalat Yönteminin Seçimi

Günümüzde birçok plastik imalat yöntemi bulunmaktadır ve her geçen gün yeni yöntemlerin geliştirilmesi devam etmektedir. Bunlar genel gruplar olarak:

- Sıkıştırma Kalıplama Metodu
- Aktarma Metodu ile Kalıplama
- Ekstrüzyon Metodu ile Kalıplama
- Enjeksiyon Metodu ile Kalıplama

3.2.2.1. Sıkıştırma Kalıplama Metodu

Bu metot, termoset plastiklerin biçimlendirilmesinde uygulanan kalıplama usullerinden bir tanesidir. Bu metotta, kalıbın bir yarısı presin alt tablasına; diğer yarısı üst tablasına bağlanır. Toz plastik ham madde, kalıplama boşluğuna doldurulur. 120°C ile 360°C arasında, yaklaşık 2 bar basınç altında, kalıp içerisinde sıkıştırılır. Belli bir süre bekletildikten sonra, şişerek, kalıbın şeklini almış olan plastik parça kalıp açılarak alınır. Yanlara taşmış çapak fazlalıklar, uygun bir tarzda, parçanın biçimini bozmadan, elle veya bir kalıp, bir makine, bir aparat yardımıyla kesilir.

Sıkıştırma kalıplama metodunda kalıp, parçanın şekline ve ölçülerine uygun bir tarzda yapılmalı, kalıp yüzeyleri özel usullerle gayet iyi bir şekilde parlatılmalıdır. Kalıbın boşluğuna konacak ham plastik miktarının, parça ağırlığının % 15 ile %25'i kadar fazla olacak şekilde hazırlanması gerekir. Plastik hammadde kalıp boşluğuna toz, talaş, boncuk, hamur gibi biçimlerde konulur.

Sıkıştırmalı kalıplama; Taşmasız (çapaksız), yarı taşmalı ve taşmalı olmak üzere üç şekilde yapılır.

3.2.2.2. Aktarma Metodu İle Kalıplama

Bu tip kalıplama, sıkıştırma kalıplama metoduna benzer bir kalıplamadır. Plastik hammadde, yükleme silindirin içerisine konur. Bal kıvamında sıvılaştıran plastik piston ile basılır. Basılan sıvı plastik, yolluktan dağıtıcılara, oradan da kanallar vasıtasıyla kalıp boşluğuna aktararak boşluğu doldurur.

Aktarma metodu ile genelde termoset plastikler kalıplanır. Kalıp boşluğuna aktarılan plastik maddeye, sertleşinceye kadar basınç uygulanır.

3.2.2.3. Ekstrüzyon Plastik Kalıplama Metodu

Bu metot, yumuşatılmış plastik maddenin, helezon piston yardımıyla, silindirin içerisine basılarak, yapılan kalıplama prensibine dayanır. Fışkırtma kalıplama da denilen bu metot, genellikle üretilecek, parçanın şekline göre dörde ayrılır.

- 1- Tek yuvarlak delikli, dişi kalıplar
- 2- Dar ve uzun kanallı dişi kalıplar
- 3- Boru fışkırtma kalıpları
- 4- Profil fışkırtma kalıpları

Ekstrüzyon kalıplama metodu ile; Plastik boru, plastik kaplı tel, bir çok plastik profil üretilir.

3.2.2.4. Enjeksiyon Kalıplama Metodu

Enjeksiyon kalıplama metodu, en çok termoplastiklerin şekillendirilmesinde uygulanan bir metottur. Toz veya küçük taneler halindeki termoplastikler, huni yardımıyla, silindir içerisine gönderilir. Isıtıcılar tarafından ısıtılan silindirin sıcaklığı, plastik malzemenin cinsine göre ayarlanır. Silindirin içerisinde ısıtılan plastik madde, hidrolik pistonla veya helezon vidalı mil yardımıyla silindir sonuna doğru taşınır. Yayıcı aracılığıyla hız kazanan erimiş plastik, kalıp boşluğunu doldurur. Kalıp iç boşluğunun şeklini alan plastik, soğutulur. Kalıp açılarak plastik parça çıkarılır. Kullanılan enjeksiyon makineleri tipleri :

- 1- Tek pistonlu enjeksiyon presleri
- 2- Çift pistonlu enjeksiyon presleri
- 3- Helezon vidalı, pistonlu enjeksiyon presleri

En çok kullanılan tip, helezon vidalı pistonlu enjeksiyon presleridir. Bu tip presler üç ana kısımdan oluşur:

- 1- Açma/kapama ünitesi
- 2- Enjeksiyon ünitesi
- 3- Kontrol ünitesi

Huni biçimindeki depoya, tanecik halindeki plastik hammadde konur. Huninin alt kısmından, vidalı mil üzerine inen plastik tanecikler, helisel vidalı milin dönüş hareketi ile enjeksiyon memesine doğru sürüklenir. Vidalı mil silindirinin dışında, çepeçevre bulunan ısıtıcılar, sürüklenen plastik hammaddeyi istenilen sıcaklığa getirir. Sıcaklık, plastik maddeyi eriterek, bal kıvamında mal durumuna sokar. Bal kıvamındaki plastik madde, enjeksiyon memesinden geçerek kapalı kalıp içerisindeki boşluğa enjekte edilir. Parça kalıpta soğutularak alınır.

Bu çalışma içerisinde plastik enjeksiyon yöntemi üzerinde durulacaktır. Bu yüzden diğer imalat yöntemleri ile ilgili açıklama yapılmayacaktır.

3.3. Yeni Tasarımlar İçin Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Enjeksiyon yöntemi ile üretilecek olan yeni bir parçayı tasarlarken dikkat edilmesi gereken birçok nokta vardır. Tasarıma başlamadan önce üzerinde düşünülmesi gereken noktalar aşağıdaki gibidir:

- Dayanıklılık (Ağırlık / Dayanıklılık)
- Fiyat (Ağırlık / Fiyat)
- Renk, şekil ve satış çekiciliği
- İmal edilebilirlik
- Isıl özellikler
- Elektrik ve ısı geçirgenlik özellikleri
- Çevre talepleri ve enerji gereksinimleri
- Ömür beklentisi
- Güvenlik

Ürün tasarımcısı, plastik enjeksiyon yöntemi için termoplastik malzeme seçimini ve bu yöntem için uygun olan plastiklerin özelliklerini bilmelidir. Bu, tasarımı yapan kişinin çok büyük bir malzeme grubu olan plastiklerin tüm fiziksel ve kimyasal özelliklerini bilmesi gerektiği anlamına değil, gerekli bilgiyi nereden temin edeceğini ve bu bilgiyi yorumlamayı bilmesi gerektiği anlamına gelir.

Eğer tasarımı yapan kişi istenen özellikleri hiçbir plastik malzemenin karşılamadığını anlarsa, bu durumda üç olasılıkla karşı karşıya gelir:

- Malzeme imalatçısına ulaşarak listelerde gerekli malzemenin bulunmadığını bildirmek ve bu tip bir malzemenin eklenmesini istemek. Bu olasılık sadece yüksek miktarlarda imalat yapılacaksa mümkün olabilir
- Plastik enjeksiyon yönteminden vazgeçmek ve eldeki plastiklerden biriyle ve farklı bir imalat yöntemiyle parçayı imal etmek
- Plastik malzeme kullanmaktan vazgeçmek

Eğer istenilen özellikleri sağlayan bir plastik malzeme seçimi sağlandı ise, plastik malzeme üreticisi firma ile temasa geçilmeli ve malzemenin özellikleri ile ilgili ayrıntılı çizelgeler istenmelidir.

3.4. Ürün Tasarlamak

Bu kısımda anlatılacak olan ürün tasarım adımları hem yeni tasarımlar hem de ürün geliştirme süreci içerisinde yapılan tasarım düzeltmeleri için geçerlidir.

3.4.1. Tasarıma Başlarken

Tasarıma başlamadan önce tasarımcı, ürünün karşılaması gereken ihtiyaç listesini eksiksiz bir biçimde doldurmaya çalışmalıdır. Tipik soru örnekleri aşağıda verilmiştir:

- Neden yeni bir tasarıma ihtiyaç duyuyoruz?
- Tasarım hangi fonksiyonu yerine getirecek?
- Ürün neyin yerini alacak?
- Rakipler veya benzer ürünler mevcut mu?
- Yeni bir tasarımla alınabilecek patentler var mı?
- Ürün nasıl kullanılacak?
- Ürün nerede kullanılacak?
- Ürünü kim kullanacak?
- Ürün bir promosyon aracı olarak mı kullanılacak?
- Ürün ne kadar kullanılacak (10, 100, 1000 vb.)?
- Ürünün görüntüsü ne kadar önemli?
- İstenen ürün ömrü ne kadar?
- Ürün ömrünü etkileyen parametreler neler?
- Hangi özel istekler mevcut? Elektriksel, optik...
- Ürün nasıl imal edilecek?
- Ürünün herhangi bir sisteme, montaja adaptasyonu gerekli mi?
- Ürün nasıl taşınacak?
- Ürünün fiyat aralığı nedir?
- Ne zaman üretilmesi planlanıyor?
- Geri dönüşümlü olarak tasarlanmasına ihtiyaç var mı?

Ne kadar çok soru sorulup bu soruların cevapları doğru olarak verilirse tasarım o kadar başarılı bir şekilde devam edecektir. Bu sorulara verilen her doğru cevap tasarım süresince oluşacak iş gücünü biraz daha azaltacaktır.

Yeni bir ürün ihtiyacı tanımlandıktan ve tüm gereksinimler yukarıda açıklanmaya çalışıldığı gibi sorulara cevap verilerek saptandıktan sonra, genelde ihtiyaçların bir kısmına cevap vermeyecek birçok alternatif tasarım ortaya çıkacaktır. Fakat hala kabul edilebilir birçok çözüm alternatifi bulunmaktadır.

İşte bu nokta zayıf, orta seviye ve iyi tasarımcı arasındaki farkın ortaya çıktığı noktadır. Zayıf ya da orta seviye bir tasarımcı, kural olarak, sorunu düşünecek,

aklına gelen bir çözüm gelecek ve bulduğu bu ilk çözüm üzerinde çalışmaya devam edecektir. İyi bir tasarımcı ise birçok alternatif çözümü göz önüne alacak, hepsi üzerinden çözümler üretmeye çalışacak ve bu alternatif çözümler arasından en iyi hangisinin gereksinimleri daha iyi karşıladığını saptamaya çalışacaktır.

3.5. Malzeme Seçimi

Malzeme seçerken tasarımcının ilk anlaması gereken nokta plastiklerin plastik olmayan malzemelerden, özellikle de metallere çok daha farklı davrandıklarıdır. Plastikler çeliğin, diğer metallerin, camın, kağıdın yerini almak için kullanılırlar. Sıklıkla da, daha uygun, daha ucuz, imalatı daha kolay oldukları için kullanımda olan plastiklerin yerini alırlar.

Tasarıma başlarken malzeme seçiminde, benzer bir ürün daha önce belirli bir plastik ile tasarlandıysa yeni tasarımda da aynı plastiği ya da ilgili bir malzemeyi kullanmanın hiçbir sakıncası yoktur.

Eğer yeni bir malzeme seçimi yapılacak ise; malzemenin mekanik özellikleri, fiziksel özellikler ve imalat metodu göz önünde tutularak malzeme seçimi yapılmalıdır.

3.6. Ürün Şekli

Tasarım zaafalarının enjeksiyon hatalarında oldukça etkinliğinin bulunduğu yukarıdaki bölümde değinilmişti. Tasarımda öngörülen biçim ve sayısal değerler, bazen giderilmesi mümkün olmayan enjeksiyon hatalarına ve ürün yetersizliklerine yol açarlar. Tasarımcıların plastik malzemenin özellik ve davranışlarıyla enjeksiyon prosesinin şart ve imkanları hususunda bilgili olmaları yanında ürünün kullanım şartlarından ve performans beklentilerinden haberdar olmaları gerekmektedir. En iyisi tasarımcı, kalıpcı, plastikçi ve kalite kontrolcü ile istişarelerde bulunmaları ve işbirliği içinde çalışılmalıdır.

Prosesle ilgili teknik elemanda, enjeksiyon hatalarına parça tasarımındaki yanlışlıkların ne şekilde yol açtığına bilincinde olarak çare aramalıdır. Şimdi ürünlerde öngörülen boyutsal toleranslar, montaj kısımları gibi tasarım hususlarına göz atalım.

3.6.1. Boyutsal Tolerans

Ürün tasarımı sırasında parçanın boyutları için verilecek toleransın tespiti bir hayli zordur ve birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır.

Kalıp ve işlem ile ilgili tolerans, kalıp tasarımı esnasında kalıpcılık tekniğinin getirdiği gerekler (örneğin koniklik verilmesi gibi), kullanılacak metalde zaman içinde oluşabilecek aşınmalar vb. faktörlerin yanı sıra enjeksiyon esnasındaki şartların çekmeye etkileri, kullanılacak malzemedeki değişiklikler, kalıplama sonrası çekmeler vb. gerçekler dikkate alınmalıdır.

Ürünün kullanım yeri ile ilgili ise üretilen parçanın kullanım esnasında aşınması, maruz kalacağı dış yüklerin büyüklük ve süresi (malzemenin sürünme halinde uzaması gibi), yüksek sıcaklık etkileri, temasta olabileceği kimyasal maddelerden etkilenmesi, nemden dolayı şişme (Naylonlarda % 10'a kadar şişme görülebilir) vb. boyutlarda değişiklik yapabilecek etkiler göz önünde bulundurulmalıdır.

Toleranslar verilirken mutlaka gerçekçi ve cömert olunmalıdır. Bir kere plastik üreticileri bile malzeme çekmeleri için sıkı aralıklar verememektedirler. Örneğin polipropilen için aynı parçada çekme aralığı %1-2.5 arası gerçekleşebilmektedir. Özellikle kristalin plastiklerde ölçü toleranslarını tutturmak bir hayli zordur. Parçanın büyüklüğü arttıkça toleransların sınırının genişletilmesi gereklidir.

Eğer parçanın kullanım yerinin gereği olarak sıkı toleranslar ön görülüyor ise işlem şartlarının çok sıkı takibi yanında, uzun kalıplama çevrim süresi, kalite kontrol maliyeti ve mamul redleri gibi parasal hususlarda dikkate alınmalıdır.

Tabiidir ki kalıp konstrüksiyonu da yapılabilecek düzeltmelere olanak sağlayacak şekilde düşünülmelidir.

3.6.2. Et Kalınlığı

Et kalınlıklarının doğru tespiti ürünün görüntü ve performansı açısından hayati öneme sahip olduğu kadar, enjeksiyon kalıplama işleminin ne kadar başarılı ve verimli olacağını da belirler.

Mukavemet şartlarının gerektirdiği mümkün olan en az et kalınlığı verilmelidir. Bu malzeme sarfiyatını azalttığı gibi enjeksiyon çevrim süresini de kısaltır. Ancak burada dikkat edilmesi gerekli olan nokta, ince et kalınlığından dolayı kalıbın doldurulmasıdır. Akış yolu uzun parçalarda et kalınlığının artması gerekebilir. Ancak

iyi konumlandırılmış birden çok ürün besleme ağızı sayesinde bu şart asgariye indirilebilir.

Ayrıca parçanın çatlamasına veya çarpılmasına yol açabilecek tampon pimleri darbesine karşı koyacak bir asgari et kalınlığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Görüntü bozukluklarının ve performans zafiyetinin asgariye indirilmesinin ön şartı et kalınlığında sağlanacak eşliktir. Eşit olmayan et kalınlığı parçanın çarpılmasına, yüzeyde çöküntü ve birleşme izi gibi hataların oluşmasına kaynaklık eder. Tasarım esnasında dikkate alınmayan et kalınlığı farklılaşmaları, çoğunlukla işlem esnasında da düzeltilemeyecek hatalar ortaya çıkarırlar. Et kalınlığında yalnızca % 20'lik bir farklılaşma yüzeyde çöküntüye neden olabilir. Bu bazen performansı etkileyen bir iç boşluk şeklinde belirebilir.

Çöküntü ve boşluklar yanında kalıcı gerilmelere neden olduğundan çarpılmalar meydana gelir.

Et kalınlığında büyük farklılıklar kaçınılmaz ise kalınlık artışı tedrici ve yumuşak bir şekilde yapılmalı, ya da ayrı parçalar halinde imal edilip montaj yapıştırma veya kaynakla birleştirilmelidir.

3.6.3. Kaburgalar

Tüm parça et kalınlığını artırmadan, ürünün dış duvarlarının mukavemetini yükseltmek için kaburgalar kullanılırlar. Eğer doğru yerleştirilirler ise parçadaki çarpılmayı da azaltabilirler. Ancak gerilimin yoğunlaştığı noktalar yaratmamaları ve çöküntülere sebebiyet vermemeleri için tasarımlarının bilinçli şekilde yapılması gerekmektedir. Rahatsız edici bir çöküntü vermeyecek bir kaburganın eni, irtibatta bulunduğu duvarın et kalınlığının en fazla % 70'i kadar olmalıdır. Boyu ise bu kalınlığın en fazla 1,5 katı ile sınırlanmalıdır. Ayrıca kaburganın kalıptan süzdürülmesinin kolaylaşması için koniklik sağlanmalı, duvarla birleşim yerlerine 0,5 mm civarında yuvarlatma verilmelidir.

Uzun ve kalın kaburgalarda gerektiğinde çöküntünün maskelenebilmesi için değişik önlemler alınabilir. Örneğin:

- a) Kaburgaların geldiği yerde duvar düzlemi değiştirilebilir
- b) Kaburganın çöküntü vereceği yere dekoratif düzenlemeler yapılabilir
- c) Kumlu ve desenli yüzeylerde görüntü bozukluğu gizlenebilir.
- d) Tek bir kaburga yerine birkaç kaburga ile mukavemet verilebilir.

Kaburgaların neden olabileceği çekmelerden dolayı parçada çarpılmalar oluşmaması için, bunların simetrik bir düzende yerleştirilmeleri düşünülmelidir.

3.6.4. Yuvarlatmalar

Plastik enjeksiyonunda akışın sağlanması için yüksek basınçlara çıkılmaktadır. Keskin köşeler akışı engelleyici bir etki yaparlar ve buralarda gerilim yoğunlaşması olur. Bu nedenle parçanın bu kesitlerinin darbeye karşı mukavemeti azalır. Ayrıca parçanın kalıptan kolaylıkla çıkartılmasını engeller.

Hem akışın, hem de süzdürülmenin rahatlatılması yanında parçadaki gerilimlerin dağıtılması bakımından iç ve dış köşeler yuvarlatılmalıdır. Dönüşlerde iç köşeye verilecek yuvarlatma et kalınlığının 1/2'si kadar olmalıdır. Dış köşeye ise bu et kalınlığının 3/2'si oranında yuvarlatma verilmelidir. Dönüşlerde et kalınlığı korunursa çekme farkından doğacak çarpılmalar da önlenabilir.

Parçada verilecek kare veya dikdörtgen şeklindeki deliklerin iç köşelerine en az 0,5 mm yuvarlatma sağlanmalıdır.

3.6.5. Göbekler

Parçanın başka bir yere monte edilmesinde bağlantı elemanının tutulması ve sabitlenmesi için göbekler kullanılabilir. Ayrıca parçanın kuvvetlendirilebilmesi için de belli bölgelere yerleştirilebilirler. Çöküntü oluşturunca etkisine karşı kaburgalar için alınacak önlemler, göbekler için de alınmalıdır.

Göbekler mümkün olduğu kadar küçük tasarlanmalıdır. 0.8mm'den az olmamak kaydıyla, et kalınlığı deliğin çapı kadar olmalıdır. Çapı irtibatta olduğu duvarın et kalınlığına eşit ya da daha az olmalıdır. Çöküntünün azaltılması için deliğin derinliği duvar et kalınlığının yarısına kadar indirilebilir. Parçanın kalıptan kolaylıkla süzdürülebilmesi için boy yönünde % 1 civarı bir koniklik sağlanmalıdır.

Eğer kalıplama esnasında bir insert parçaya ekleniyorsa, plastik çekmesinden dolayı insert çevresinde oluşacak gerilime karşı koyabilmesi için göbeğin et kalınlığının büyük tutulması gerekebilir. Eğer insertler göbeklere daha sonra geçirileceklerse bu et kalınlığı nispeten az olacaktır. Göbeklerin enjeksiyon sırasında birleşme izlerine neden olmamaları ve daha sonradan çarpılmaları yol açmamaları gibi hatalarının ortadan kaldırılması bakımından göbeklerle aynı yöndeki parça duvarı arasında en az göbeğin delik çapı kadar mesafe bırakılmalıdır. Parça montajında ağır yükler altında

kalacak göbekler, yükün geniş bir alana dağıtılması için bir seri kaburgalar ile desteklenmelidirler.

3.6.6. Delikler

Eğer maruz kalabileceği fazlaca bir yük söz konusu ise parçada oluşturulacak delikler göbeklerle birlikte tasarlanırlar. Çapı 6mm'den az olan deliklere eşlik edecek göbeğin et kalınlığı, bu çapa eşit veya yükün durumuna göre daha fazla olarak seçilmelidir. Daha büyük çaplı delikler pratikte genellikle fazlaca yük taşımayacakları için göbeklerin eşliğine ihtiyaç göstermezler.

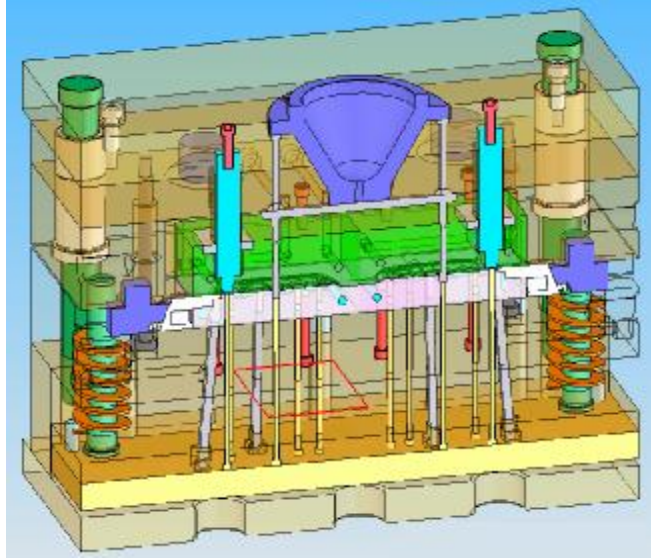
Üründe azami mukavemetin korunması ve enjeksiyonda homojen bir akışın sağlanması bakımından deliklerin bilinçli bir şekilde tasarlanmış olması gerekir. Büyükçe deliklerde bu mesafe çapın % 70'ine kadar düşürülebilir. Çapı 1,5mm.'den küçük kör deliklerin derinliği çapları kadar olmalıdır. Büyük deliklerde derinlik/çap oranı büyüyebilir. Ancak derinliğin çapın dört misline çıktığı durumlarda kör delikten vazgeçip, deliğin duvarı tümüyle deldiği tasarım seçilmelidir. Büyük bir deliği meydana getiren pimin kalıp duvarına değer ucunda pah kırılarak, kalıplama esnasında basıncın etkisiyle pimin merkezlenmesinin bozulmasının engellenmesi lazımdır.

Montajın kolaylaştırılması, elektrik akımının iletilmesi, parçanın dekorasyonu ve daha birçok nedenle plastik parçaya metal insertler eklenebilirler. Genellikle bakır, pirinç, çelik gibi metallerden yapılırlar. İnsertler kalıplama esnasında veya daha parça sıcakken içerisine bastırılarak ya da soğuduktan sonra, örneğin dişli bağlantılar kullanılarak, parçaya eklenebilir. [6]

4.PLASTİK ENJEKSİYON İŞLEMİ VE İMALAT HATALARI

Bu bölümde plastik enjeksiyon yöntemi ile imalat sırasında oluşabilecek hatalar ve bu hataların tespiti üzerinde durulacaktır.

Bilindiği üzere plastik malzemelerin enjeksiyon yöntemi ile imalatında çeşitli tip konstrüksiyonlarda enjeksiyon kalıpları kullanılmaktadır. Aşağıdaki şekilde örnek bir enjeksiyon kalıbı kesiti görülmektedir.



Şekil 4.1: Bir enjeksiyon kalıbı kesiti

Kalıp tiplerini incelemeden önce ilk olarak plastik enjeksiyon ile imalat işlemini genel olarak bir inceleyelim.

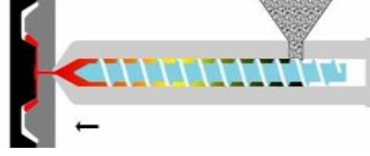
4.1. Plastik Malzeme Kalıbı Nasıl Doldurur?

Plastik enjeksiyon işlemi birkaç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar;

- Dolum fazı
- Baskı fazı
- Telafi fazı

4.1.1. Dolum Fazı

Dolum fazı sırasında, plastik kalıp gözüne dolana kadar itilir. Tasarlanan parça, enjeksiyon işlemi ile üretilcekse, en önemli faz dolum fazıdır.



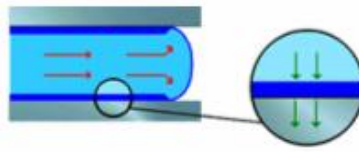
Şekil 4.2: Kalıba plastiğin basılması

Plastik göze aktığında, kalıp cidar ile temasta olan plastik kısa sürede donar. Bu kalıp ile erimiş plastik arasında donmuş bir tabaka yaratır.



Şekil 4.3: Ergiyik ilerlemesi sırasındaki gerilmeler

Aşağıdaki diyagram, malzeme arkadan öne doğru bastırıldığında ön akış cephesi genişlemesini gösterir. Ön akış cephesi kenarları kalıpla temas eder ve donar. Donmuş tabakanın molekülleri bu nedenle yüksek derecede yönlendirilmiş değildir ve ilk önce donar.



Şekil 4.4: Kalıpta plastiğin akışı

Kırmızı oklar erimiş plastiğin akış yönünü gösterir. Kalıp cidarı karşısındaki koyu mavi tabakalar donmuş plastiği gösterir. Yeşil oklar polimer eriğinden kalıp cidarlarına ısı akış yönünü ifade eder.

Daha fazla erimiş plastik gözün içinden geçtiğinde donmuş tabaka ısı kazanır ve kalıba ısı verir. Donmuş tabaka belirli bir kalınlığa eriştiğinde, bir dengeye ulaşılır. Bu normalde enjeksiyon kalıplama prosesinde, birkaç saniye sonra oluşur.

4.1.2. Baskı Fazı

Baskı fazı göz dolduktan hemen sonra başlar. Tüm akış yolu bu seviyede doldurulmasına rağmen, gözün kenarları ve köşeleri plastik içermeyebilir. Geometriyi tam olarak doldurmak için göze baskı fazında plastik basılır.

4.1.3. Telafi Fazı

Plastikler, ortalama erime sıcaklığından katı hale geçerken yaklaşık %25 gibi değerleri bulabilen büyük hacimsel kendini çekmeye sahiptir. Bu nedenle soğuma sırasında plastik çekmeyi karşılayacak daha fazla malzeme kalıp gözüne enjekte edilmesi gerekir. Bu telafi fazı olarak adlandırılır.

- Basınç ile kontrol edilir
- Plastik çekilmesi kalıba basınçlı eriyik gönderilmesi ile dengelenir
- Giriş donduğunda bu aşama biter

4.2. Kalıp Tipleri

Bu bölümde kalıp konstrüksiyonlarının detaylarından bahsetmeden yaygın kalıp tipleri anlatılacaktır.

4.2.1. İki Plakalı Soğuk Yolluklu Kalıplar

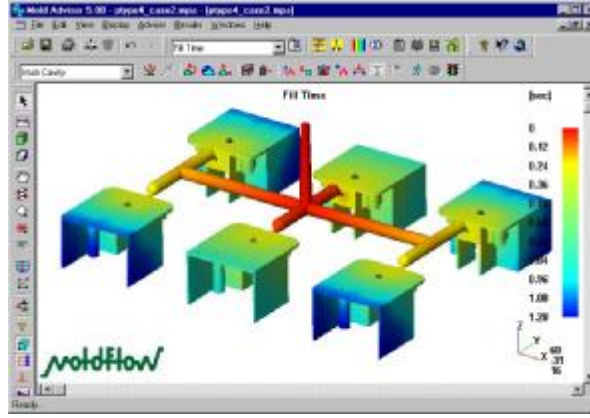
İki plakalı kalıp en genel kullanılan kalıp tipidir. Üç plakalı kalıplara nazaran, iki plakalı kalıpların yapımı daha ucuz, daha basit ve daha düşük çevrim zamanına sahiptir.

4.2.2. Tek Gözlü Kalıplar

Birçok tek gözlü kalıplar iki plakalı kalıp tasarımında kullanılır. Eğer parçanız, tek enjeksiyon yeri ile yapılabiliyorsa, yolluk gerekmez, bu nedenle polimer doğrudan göze yolluk giriş kısmı yardımı ile enjekte edilir.

4.2.3. Çok Gözlü Kalıplar ve Aile Kalıpları

Çoklu gözlü veya aile kalıpları için iki plakalı kalıp kullanabilirsiniz, fakat bu tasarım, yolluk ayırma kesiti yerlerinin seçimini sınırlarlar. Bu, iki plakalı kalıpta, yolluklar ve yolluk ayırma kesitleri parça ayırma çizgisinde olması gerektiği ve bu nedenle kalıp açıldığında çıkartılabildiği nedeniyledir.



Şekil 4.5: Bir aile kalıbı örneği

Çoklu-gözlü kalıp tasarlamadan önce, yolluk ayırma kesiti yerini tayin etmek için tek parçayı analiz etmeniz gerekir. Eğer parça plakası yolluk ayırma kesiti ile birleşmiş ise o zaman iki plakalı kalıp uygun olabilir.

Çoklu gözlü kalıp tasarladığınızda, polimerin akışının dengelenmesi için yollukları tasarlamanız önemlidir. Bazı çoklu-gözlü kalıplar ile geleneksel iki plakalı kalıp kullanarak malzemenin akışını dengelemek imkansız olabilir. Bu nedenle, üç plakalı kalıp yada sıcak yolluklu iki plakalı kalıp kullanmak zorunda kalabilirsiniz.[7]

4.2.4. İki Plakalı Sıcak Yolluklu Kalıplar

Sıcak yolluk sistemi; Plastik enjeksiyon kalıplarında enjeksiyon makinesinin memesinden plastik enjeksiyon kalıp gözüne kadar ergimiş plastik malzemeyi sıcaklık, basınç kaybı olmadan ve hasara uğramadan kontrollü bir şekilde bekletme ve istenildiğinde kalıp gözüne enjekte etmekte kullanılan sistemdir.

Sıcak yolluk sisteminde kullanılan elemanlar;

- Sıcak yolluk dağıtıcısı
- Isıtıcılar
- Sıcaklık kontrol cihazı
- Sıcak yolluk memesi
- Sıcaklık kontrol elemanı

Sıcak yolluk sistemi günümüz teknolojisinde, hacim kalıplarında plastiklerin şekillendirilmesinde sıcak yolluk sisteminin önemli ölçüde enerji, işçilik ve malzeme kazançlarının yanında bir çok avantajlar getirmesi nedeniyle kullanımı giderek artmaktadır. Sıcak yolluk sistemlerinin soğuk yolluk sistemlerine göre daha fazla

tercih edilmesini yüksek kaliteli ürün alma isteği, daha kısa sürede daha çok iş yapabilme ve işçilik giderlerinin azaltılması olarak kısa şekilde özetlenebilir.

Sıcak yolluk sisteminin genel ihtiyaçları ise;

- Saf hammadde kullanımı
- Hassas sıcaklık kontrolü
- İyi bir kalıp tasarımı

Plastik enjeksiyon kalıplarında sıcak yolluk sisteminin kullanımı bilgi, kalifiye işçilik ve özen gerektiren hassas bir sistem olmasının yanında ilk bakışta maliyeti yüksek gibi gözükse de, sistemin makineden, zamandan, işçilikten ve hurda malzemeden sağladığı tasarrufları göz önüne aldığımızda sıcak yolluk sisteminin daha tasarruflu ve daha kaliteli üretim yapabilmemizi sağladığı ortaya çıkmaktadır.[8]

İki plakalı sıcak yolluklu kalıplar, yolluk giriş kısmı, yolluk ve yolluk ayırma kesiti boyunca malzemeyi ergimiş olarak korur. Malzeme, sadece göze girdiğinde soğur. Kalıp açıldığında, sadece parçalar (ve tüm soğuk yolluklar) çıkartılır. Kalıp tekrar kapandığında, polimer yollukta hala sıcaktır, bu nedenle gözü doğrudan doldurabilir. Kalıptaki yolluklar sıcak ve soğuk yollukların bir kombinasyonudur.

İki plakalı sıcak yolluklu kalıp üç plakalı kalıba alternatif olarak kullanılabilir. Bu kalıpta, enjeksiyon yeri, parçanın görünen tarafından iz yapmayı önlemek için kalıp gözünün merkezinde bulunmalıdır. Bu, yollukların parça düzleminden uzakta yerleştirilmesi gerektiği anlamına gelir. Eğer, sıcak yolluklu kalıp kullanıyorsanız, yollukları çıkartmak gerekmez bu nedenle parça düzleminden uzakta bulunan yolluklar hiçbir soruna yol açmaz.

Sıcak yolluklar, parçaların ufak olduğu çoklu-gözlü kalıplar için ayrıca uygundur. Eğer çok ufak parça varsa, malzemenin geri kazanımı imkansız ise geleneksel yolluk sistemi çok malzeme israf eder.



Şekil 4.6: Sıcak yolluklu bir kalıp tasarımı

Sıcak Yollukların Avantajları;

- Daha az malzeme israfı ve tekrar öğütülmeye gerek duyulmama
- Daha az görünür yolluk ayırma kesiti izleri
- Yolluk ayırma kesiti değişimi gerektirmeyebilir.
- Daha az çevrim zamanı
- Daha fazla kalıbın dolumu ve polimerin akışı üzerinde kontrol

Sıcak Yollukların Dezavantajı;

- Daha yüksek ilk kurma maliyeti
- Malzeme rengini değiştirmek için daha fazla zorluk
- Arızaya daha fazla eğilim özellikle ısı kontrol sistemi
- Isıl duyarlı malzemeler için pratik değil.

Yüksek nitelikli ve nicelikli parçalar için, sıcak yolluklu sistemlerin avantajları, dezavantajlarından ağır basmaya eğilimlidir. Bazı durumlarda en iyi sonuçlar, sıcak ve soğuk yollukların bir kombinasyonunu kullanarak erişilebilir. [9]

4.2.5. Üç Plakalı Kalıplar

Üç plakalı kalıplar için yolluk sistemi, ana parça düzeyine paralel ikinci parça düzlemine oturur. Bu ikinci parça düzlemi yolluk ve yolluk girişlerini kalıp açıldığında itilmeye izin verir.

Üç plakalı kalıplar genellikle, tüm yolluk sistemi enjeksiyon yeri olarak aynı düzlemde yerleştirilemez.

Bunun sebebi;

- Kalıp çoklu ya da aile gözlere sahiptir
- Karmaşık tek gözlü kalıplar birden fazla enjeksiyon yerine ihtiyaç duyar,
- Enjeksiyon yeri kullanışsız yerdendir,
- Dengeli akış parça düzleminin dışında yolluk tasarımı gerektirir.

Bu sorunları aşmak için iki plakalı sıcak yolluklu kalıp kullanabilirsiniz, fakat üç plakalı kalıplar, sıcak yolluklu kalıplara nazaran bazı avantajlara sahiptir.

Üç Plakalı Kalıpların Avantajları;

- Sıcak yolluklu kalıpları yapmaktan daha ucuzdur
- Sıcak yolluklu kalıplardan daha az bozulmaya eğilimlidir.
- Isıl duyarlı malzemelerin bozulması daha azdır.

Üç Plakalı Kalıpların Dezavantajları;

- Yollukların çıkartılması yüzünden uzun çevrim zamanı.
- Daha fazla malzeme israfı
- Kalıbı doldurmak için daha fazla basınç gerektirmesi.

4.3.Kalıplamada Plastiklerin İmalat Sorunları

Bir plastik enjeksiyon işletmesinde ürün sorumlusu teknik elemanlar ve denetçilerin en büyük sorunu ve uğraşları, üretilen plastik parçalarda karşılaşılan ve genel olarak "enjeksiyon hataları" diye adlandırdığımız istenmeyen oluşumlardır. Bu hataların kaynakları çeşitli olmakla birlikte arz ettikleri önem genellikle iki kategoride toplanabilir.

Birincisi ürünün kullanım yerinde veya süresince etkili olabilecek performansı ilgilendiren hatalar, ikincisi parçanın estetiğini ve satışını etkileyebilecek olan görsel bozukluklardır. İşte parçanın, bazen de kaçınılmaz olarak taşıdığı hataların ne denli önemli olabileceği ve ne kadar bir hatanın kabullenebileceği bu ürünle ilgili özelliklerde belirtilmelidir. Hataların kaynaklarının bilinmesi, oluşmuş bozuklukların gerek performans gerekse de görüntü yönünde ne denli önem taşıyacağının kestirilmesi ve ekonomikliğin de göz önüne alınmasıyla böylesi bir belirleme yapılmalıdır. Gereksiz bir titizlik kalıp, işlem ve kalite kontrolde gereksiz maliyet yükselişlerine neden olabilir. Buna karşı bazı bozuklukların nelere mal olacağı düşünülmemiş ve önemsenmemiş ise bedeli ağır olabilir.

Plastik enjeksiyon işleminde ortaya çıkabilecek problemler bu bölümde incelenecektir.

4.3.1.Yanık İzleri

Eğer parçanın bir bölgesinde siyahlaşma ve sararma var ise, ilk yapılacak iş, kalıbın hava atma durumunun incelenmesi olacaktır. Kalıba giren malzeme tarafından sıkıştırılan ve kaçamayan hava, çok yüksek bir sıcaklığa çıkar ki, plastikte oksitlenme reaksiyonuna girer. Eğer plastiğin tümüyle yanma reaksiyonu sonucu karbondioksit ve suya ayrışmasına yetecek kadar hava bulunmuyor ise malzemedeki hidrojen tek başına reaksiyona girecek ve yüzeyde siyah bir kalıntı bırakacaktır. Bu yanık izine katlanılarak üretime devam edildiği takdirde, zamanla metal yüzeyinde, oksitlenme nedeniyle karıncalanma meydana gelebilecektir.

Kalıpta hava sıkışması kötü bir kalıp tasarımı sonucu olabilir. Bazen de bu durum, kalıpcının aşırı titiz çalışması sonucu ortaya çıkabilir. Normal olarak hava, kalıbın öpüşme yüzeylerinden, tampon pimlerinden veya süzdürme plakalarının arasından kaçar. Eğer öpüşme yüzeyleri iyi parlatılır ve tampon pimleri çok düzgün yapılırsa, havanın tahliyesi önlenmiş olur. Olabilecek 0,04mm'lik bir aralıktan plastiklerin sızma kabiliyeti çok azdır. Bu nedenle öpüşme yüzeyleri çok iyi parlatılmadan ve tezgah kalem izleriyle bırakılmamalıdır.

Geri emişin yanlış uygulamasından dolayı, silindir memesinde havanın sıkışması da, parçanın yüzeyinde yanık izlerinin oluşmasına neden olabilir. Memeden mal akışının olmaması için yapılan ve mal alımından sonra vidanın biraz geriye alınması işlemi olan geri emiş yeterinden fazlaysa memedeki malzeme oksitlenebilir ve parça yüzeyinde yanık izlerine neden olabilir.

Malzemenin silindirde iken oksitlenmesinden veya kaynaklanan bir yanık türüne de özellikle PVC, asetal ve naylonlarda karşılaşılr. PVC'de bu olay, baskıdan baskıya yeri değişen koyu ve uzun bir iz şeklindedir. Çaresi rezistanslardan gelen ısının azaltılıp, gerekli ısının sürtünme yoluyla teminidir. Silindir sıcaklık bölgelerinin arka sıcak, orta soğuk ve ön sıcak şeklinde ayarlanması bir önlem olarak kullanılabilir. Sıcaklık kontrolörlerinin ve termokupulların sağlıklı olup olmadıkları denenmelidir.

4.3.2.Akış İzleri

Plastik malzeme bir kalıba enjekte edildiğinde, her akışkanda olduğu gibi kalın ve geniş bölgelere daha hızlı yayılır. Buralar dolduktan sonra daha dar ve ince kesitlere nüfus eder. Malzemenin yol alışı esnasında delik oluşturan bir pim, oyuk çıkaran bir erkek parçaya rastladığında türbülans olayı yaşanır ve akış bölünür. Bazen oluşan türbülansın izi akış yolunun sonuna kadar taşınabilir ve donduğu yüzeyde dalgalı bir görüntü verir.



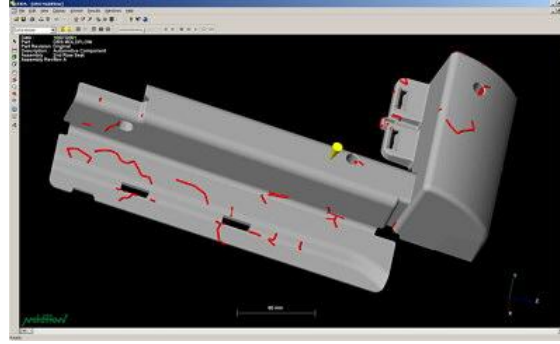
Şekil 4.7: Akış izleri

Aynı olay yolluk girişinde de yaşanabilir. Konik ürün besleme ağzından giren akışkan düz kalıp duvarına dikey çarptığında da ürünün besleme ağzı çevresinde dalgalı bir görüntü verebilir. Yandan ürün besleme ağzı kullanılarak bu görüntü bozukluğu azaltılabilir. Ya da tünel tipi besleme ağzıyla parçanın görüntüsünü etkilemeyeceği bir bölgesine taşınır.

Akış izi dediğimiz bu kalıplama hatasının, işlem ayarlamalarıyla giderilmesi bir hayli zordur. Ürün ve kalıp tasarımı esnasında önlem alınmalıdır.

4.3.3. Birleşme İzleri

İki veya daha fazla akış hattının birleştiği ve kaynaştığı yerlerde oluşan çizgilere birleşme izleri denir.



Şekil 4.8: Birleşme izleri

Kalıpta birden fazla ürün besleme ağzı, delik çıkaran pimler ya da maçalar, insertler, göbekler vb. erkek elemanlar var ise birleşme izi olacaktır. Önem verilmez ve etkilerinin azaltılmasına çalışılmazsa büyük sorunlar çıkarabilir.

Birleşme izi, görüntünün önemli olduğu bir üründe göze en çarpan yerde derin ve uzun bir çizgi halinde belirebilir ya da daha kötüsü en ufak bir yükte çatlayabilen çok zayıf bir kesit oluşturabilir.

Bir önceki enjeksiyon hatası akış izlerinin nedenleri birleşme izlerine de kaynaklık eder. Ancak birleşme izleri mukavemet sorunlarını da yaratan ve diğeri gibi yalnızca yüzeyde olmayıp, kesitte de etkili olan bir hatadır.

Yüzeyde yılan gibi kıvrımlı bir görünüş arz eden iz, bir akış değil soğuk bir birleşme izidir. Kalıba püskürerek ilk giren ve nispeten soğuk olan malzeme, eğer birleşme tam gerçekleşmeden donuyor ise bu izi yapabilir. Kalıp yolluğunda soğuk mal tutucu yapılması bunun için bir önlemdir. Silindir ve kalıp sıcaklığının yükseltilmesi soğuk birleşme veya diğeri tip birleşme izlerinin etkisini azaltabilir. Kalıp sıcaklığının

yükseltilmesinde dikkat edilmesi gereken bir husus, malzemenin kristallik yüzdesinin ve kristal boylarının kırılma gücü artırarak bir düzeye çıkmamasıdır.

Birleşme yerlerindeki kesitin, malzemenin belirtilen gerilme mukavemetinin yüzde 80'ine kadar zayıflamasına müsaade edilebilir. Bu izin hem görüntünün etkilenmeyeceği hem de mukavemet bakımından kritik olmayan bir bölgede oluşması kalıp tasarımında göz önüne alınmalıdır. Onun besleme ağzı yandan verilmiş tasarımda, birleşme yeri bu ağzın tam karşı yerinde oluşur. Birden fazla ürün besleme ağzının olması birleşme izlerinin sayısını çoğaltır. Zaten, eğer başka amaç yoksa birden fazla besleme ağzı verilmesi sorunlar yaratır. Belki dişi kalıplamasında olduğu gibi, yoğunluğu arttırabilir ancak her birleşme mukavemet düşmesine neden olur. Kalıp parlatma izlerinin malzemenin akış yönünde verilmesinin, birleşme izlerinin azaltılmasına yardımcı bir unsur olduğu unutulmamalıdır.

Birleşme izinin azaltılması için silindir ve kalıp sıcaklığının yükseltilmesi kadar, hızlı enjeksiyon suretiyle malzeme soğumadan birleşmenin sağlanması da önemli bir önlemdir. Buna karşın kalıptaki havalandırmanın yerleri ve etkinliği hızlı enjeksiyona el vermelidir. Sıkışmış hava enjeksiyon izlerinin artmasına ve yanıklara neden olacaktır.

4.3.4. Kalıp Birleşme Yüzeyinde İz

Kalıp birleşme yüzeylerine denk gelen yerlerinde çapaklanma şeklinde iz bırakması, kalıp yapımında gerekli hassasiyetin gösterilmemesinden ya da kapama gücünün yetersizliğinden olabilir. İyi parlatılmış yüzeyler birleşme izini mat olanlara göre daha fazla gösterdiklerinden buraların desenlendirilmesi bu izi maskeleyecektir. En iyisi kalıp tasarımında birleşmeleri mümkünse en az hassas yerlerde gerçekleştirilmesi düşünülmelidir.

4.3.5. Kırıık ve Pürüzlü Yüzey

Genellikle ürün besleme ağzının çevresinde olmak üzere düzensiz yarım daireler şeklinde beliren izlere sıkça rastlanmaktadır. Bunun bir nedeni kalıba son giren malzemenin yeterince basınç sağlayamaması sonucu o bölgede kalıp yüzeyinin şeklinin alınamamasıdır. Enjeksiyon esnasında kalıba giren malzemenin, küçülen ürün besleme ağzı nedeniyle basıncının düşmesine, kalıp içinde oluşmuş karşı basınç da eklenince malzemenin viskozitesi iyice yükselir ve genellikle ürün besleme ağzı

evresinde donmakta olan plastiğe kalıbın şeklini alması için yeterli kuvvet uygulanamaz. Bu hatanın üstesinden gelmenin en iyi yolu, kalıbı mümkün olan en büyük hızla doldurmaktır. Yeterli enjeksiyon hızı ve kuvveti sağlanamıyor ise daha gl bir makinede üretim gerçekleştirilmelidir. Kalıp yolluk kanallarının kısaltılması, genişletilmesi, parlatılması gibi akışı kolaylaştıracak ve basınç düşmesini azaltacak önlemler alınabilir.

Bu izin bir diğer oluş biçimi ise, baskıdan baskıya memenin ucunda kalan ve havayla nispeten soğumuş bulunan plastik karışımının kalıba girer girmez değdiği yüzeyin şeklini alamadan donmasıdır. Soğuk malzeme tutucu yolluk sistemine eklenmesi bu hatanın giderilmesini sağlayabilir. Poliasetal gibi sıcaklığa karşı hassas ve yüksek viskoziteye sahip malzemelerde bu yüzey hatasına sıkça rastlanmaktadır.

4.3.6. Yüzeylerde Lekeler

Plastik malzeme içerisindeki bir katkı maddesinin ayrışması, kullanılan pigmentin yüzeye göç etmesi veya yanığa neden olmasa da kalıp yüzeyiyle reaksiyona giren gazlaşmış polimer ayrışması, parça yüzeyinde lekeler oluşturabilir. Bu olgular malzeme, boya ve katkı maddelerinin kendileriyle ilgilidir ve araştırılmalıdır. Ancak yine de işlem şartları ile nlenebilirler. Örneğin PVC'nin ayrışması sonucu ortaya çıkan hidroklorik asit yüzeyde lekelenmeler yapar. Sıcaklığın düşürülmesiyle bu olay engellenebilir.

4.3.7. Serpinti Oluşması

rn besleme ağzından yayılan, bazen de tüm parçayı kapsayabilen, gümüş izlerini andıran ve serpinti denilen görüntü bozukluğu sıkça rastlanabilen bir enjeksiyon hatasıdır. Kökeninde plastik eriyiğin içerdiği uçucu maddelerin kalıplama esnasında parça yüzeyinde yoğunlaşarak bu görüntüyü vermesi yatmaktadır. Bu uçucu madde, malzeme tarafından emilip kurutma yoluyla uzaklaştırılmamış nem, yine malzemenin ihtiya ettiği karışım, fazla miktarda kullanılmış kalıp ayırıcı maddedir.

Eğer malzeme nemli ise bir fırında kurutulmalıdır. Hidrofil olan karbonil grubu (C=O) ihtiya eden akrilik, naylonlar ve selozikler gibi malzemeler ise ABS ve polikarbonat gibi prz yüzeyli granüle sahip olan plastikler en fazla nem tutan malzemelerdir. Bazı kritik plastiklerin kurutma sıcaklıkları ve serpintisiz bir kalıplama için müsaade edilebilir en fazla nem oranları aşağıda verilmektedir.

Tablo 4.1: Kurutma sıcaklıkları ve sınır nem oranları

	Kurutma Sıcaklığı	Nem Muhtevası
ABS	80	0
Arilik	75	0,05
Naylon 6 ve 66	85-110	0,25
Sellulozikler	75	0,40
Polikarbonat	120	0,02
SAN	85	0,1

Polimerin ısı ayrışması sonucu ortaya çıkan gazın varlığı malzemenin memeden kusturularak incelenmesiyle tespit edilebilir. Hem bir gaz çıkışı hem de köpüklenme bu olayı kanıtlar. Bu takdirde sıcaklık kontrolcöleri, rezistanslar ve termokupullar kontrol edilmelidir. Malzeme akışı esnasında sürtünme kaynaklı ısı oluşması da gaz ayrışmasına kaynaklık edebilir. Ayrıca ürün besleme ağzındaki aşırı sürtünmeden oluşan kinetik enerjinin ısıya dönüşmesi gazlaşmaya neden olabilir. Birkaç defa kullanılan malzeme ile çalışıyor ise, bu malzemenin daha önceki kullanımından kalmış uçucu bir çözücünün varlığı araştırılmalıdır. Bazen de kalıp suluklarından sızabilecek ve kalıba damlayabilecek su, serpintiye kaynaklık edebilecektir.

4.3.8. Çizikler

Kalıp açıldığında, ürünün yüzeyinde kalıbın açılış yönünde çizikler oluşuyor ise bunun nedeni iki kategoride toplanabilir.

Birinci neden, öpüşme yüzeylerinde eğer bir tahribat varsa ve metal çapaklanması süzdürülen parçayı çiziyorsa, bu kalıp yüzeylerinin iyi alıştırılmamasından ya da hızlı kalıp kapama nedeniyle kalıbın hasar görmesinden kaynaklanmaktadır.

İkinci neden, kalıbın aşırı doldurulmasıdır. Eğer kalıp aşırı doldurulmuş ve kalıbın yüzey parlatılması iyi yapılmamış ise dişi kısım parçayı çezebilir. Basıncın yüksekliği ve sürenin uzunluğu, ürün besleme ağzının büyük, parçanın et kalınlığının fazla olduğu durumlarda bu çizilmelere yol açabilir. Özellikle ABS ve akrilik malzeme için yapılan kalıplarda yeterince koniklik verilmemişse ve pah kırma tasarlanmamışsa ürün yüzeyinde çizilmelere rastlanabilir.

4.3.9. Eksik Ürün

Eksik ürün almanın birçok nedeni olabilir. İlk bakılacak şey makinenin enjeksiyon

grubunun yeterince güçlü olup olmadığı, malzemenin akışkanlığının yeterince sağlanıp sağlanmadığı ve kalıbın tamamen dolmamasını getiren bir karşı basınç veya engelin var olup olmadığıdır.



Şekil 4.9: Eksik ürün

Kalıp içinde oluşan ve parçanın tamamen şekillenmesine karşı koyan bir iç basınç genellikle hava veya başka bir gazın sıkışıp kalmasındandır. Hava tamamen sıkışıp kalıyor ve hiçbir şekilde kaçamıyorsa, eksik ürün verme olayının yanında yanık izinin de oluşması kaçınılmazdır.

Ancak, bazen havanın yavaş bir sızma şeklinde kaçması durumunda yanma oluşmaz, fakat malzeme bu sırada donduğu için tam dolma gerçekleşmez. Havanın sıkışması kalıp yapım hatasından meydana gelebildiği gibi, havalandırma kanallarının yağ, gres, herhangi bir pislik veya plastik ile tıkanması ya da küçülmesinden de olabilir. Kalıbın yüksek basınçta sıkılması durumunda da metalin elastik halde aşırı bastırılmasından dolayı havalandırmalar etkisiz halde kalabilir.

Kalıp içinde bir iç basınç oluşması, özellikle boyu uzun ama ince bir et payı bulunan parçalarda donma sonucu ortaya çıkar. Parçanın her iki yüzeyindeki donmuş tabaka toplam kesitin yüzde ellisine ulaştığında kalıp doldurulmuş olmalıdır. Enjeksiyon basıncının artırılmasıyla tam doldurma gerçekleşebilir, ancak bu ürün besleme ağzı çevresinde kalıcı gerilmelere neden olacağından iyi bir yöntem değildir. Bunun yerine, kalıbın tam doldurulabilmesi için enjeksiyon hızının daha fazla artırılabilmesi, yağ debisi yüksek bir makinede üretimin gerçekleştirilmesi yararlı olacaktır.

Diğer bir çare ise kalıp sıcaklığının yükseltilmesidir. Gerilim giderilmesi veya parlaklık sağlanması nedeni dışında kalıp sıcaklığının artırılması, çevrim süresini uzatacağından verimi düşürecektir. Prosesle ilgili tüm faktörler üzerinde çaba gösterildiği, yeterli güç, sıcaklık ve malzeme beslemesi yapıldığı ve hatta basınç ve

hız valfleri, rezistanslar, termokupullar, sıcaklık kontrolörleri denetlendiği halde eksik üründen kurtulamıyor isek suç enjeksiyon grubunda aranmalıdır. Şüphe edilebilecek bir yer çek-valf görevi yapan enjeksiyon vidası bileziğidir. Çatlamış veya aşınmış bir bilezik enjeksiyon esnasında geriye malzeme kaçıırır.

Geriye kaçan malzeme, kalıba enjekte edilen malzemenin net hızı düşmüş olacaktır. Benzeri bir şekilde, eğer enjeksiyon hidrolik silindir pistonundaki sızdırmazlık elemanlarından da geriye yağ kaçırma olursa eksik parça söz konusu olabilir.

Kalıbın tam dolmasındaki engellerden biri de, enjeksiyon memesinin küçük bir metal parçası ya da malzeme karışmış olan ve daha yüksek sıcaklıkta eriyebilen bir plastik granülü tarafından tıkanmış olmasıdır. Aşırı sıcaklıktan veya sübabın takılmasından dolayı meme ucundan malzeme akması da düzensizlik ve eksik ürün nedenidir. Memenin kalıp meme enjeksiyon ağzına tam oturmaması da enjeksiyonu engeller, hatta malzemenin kalıp dışına akmasına yol açar.

Eksik ürünü önlemek için yollukların ve ürün besleme ağzlarının, üretim denemesi yapılan bir kalıp takdirinde büyütülmeleri düşünülebilir. Ancak yeni olmayan bir kalıbın sırf malzeme değişikliğinden dolayı eksik ürün verdiği durumlarda bu genişletme işlemi yapılmamalıdır.

4.3.10. Parçanın Kalıpta Kalması

Parçanın kalıpta kalmasının birçok nedeni olabilir. Malzemenin akışkanlığı buna kaynaklık edebilir. Çok akışkan bir malzeme, kalıp içerisine gereğinden fazla bir basınçla enjekte edilebilir. Kalıp yüzeyini sıkıca kavrayan parçanın soğuma esnasında oluşan hacim küçülmesi neticesindeki vakum kuvvetinden kurtulması zorlaşır. Eğer malzeme viskozitesi yüksekse, o zaman basıncı arttırmak gerekir ki bunun sonucu yolluk besleme kanalında veya parçaya ait kaburga, bölme gibi yerleri çıkaran kalıp oyuklarında oluşacak aşırı basınç parçanın kalıba yapışmasına neden olabilir.

Enjeksiyon hızının yavaş tutulması da çekmeyi arttıracaktır ve parçanın kalıbın erkeğine yapışmasına yol açabilecektir. Fazla malzeme beslemesinde ise parça kalıbın dışısında kalabilir ki bu da ciddi bir yapışma sorunudur. Bazen kalıbın dışısı erkeğine göre daha sıcak tutularak dışide kalma sorunu çözümlenebilir.

Kalıpta kalma makinenin da suçu olabilir. Eğer hidrolik sistem yeterli yağ debisini sağlayamıyor ise yukarıda da bahsedilen aşırı çekme olayıyla karşılaşılabilir. Tabiidir ki kalıpta kalmanın en büyük kaynağı kalıp hatasındandır. İyi parlatılmamış yüzeyler

parçanın sıkışmasına neden olabilir. Yalnız burada unutulmaması gereken bir şey süzdürmenin yapılacağı erkek yüzeyin iyi parlatılmasının ters etki yapacağı ve parçanın dışıde kalabileceğidir. Ürün tasarımında yeterli aç, koniklik, pah kırma gibi süzdürmeyi kolaylaştıracak koşullar öngörölmelidir.

4.3.11. Çapaklı Ürün

Genellikle kalıp öpüşme yüzeylerinde, tampon pimlerinin çevrelerinde veya parçanın herhangi bir yerinde çapak tabiri kullanılan malzeme taşmasının birçok nedeni vardır. Çapak oluşması kalıp veya makineden kaynaklanabildiğı gibi plastik parçanın ve kalıbın iyi tasarlanmamasından, malzeme seçiminin yanlış olmasından ya da işlem şartlarının iyi ayarlanmamasından meydana gelebilir.

Kullanılan makinenin kapama gücünün kalıbın ebatlarının büyük olmasından dolayı yetersiz kalması çapak vermeye neden olabilir. Basınç kontrol ve debi kontrol valflerindeki arıza, hidrolik kapama sistemine sahip makinelerde yağ ısınması, hidrolik devreden gelen arızaları oluşturur. Mengene grubunda kolon ve plakaların düzgün olmaması da belli bölgelerde çapak oluşmasına yol açar. Isıtıcı rezistanslara kumanda eden termokupulların arızalanması, yerlerinden oynamaları veya malzeme beslemesinde vidanın hızlı ya da gereğinden uzun süre dönmesi sonucu oluşan mekanik sürtünme kökeni ısınma sonucu plastik sıcaklığının istenilenden fazla yükselmesinin doğurduğu düşük viskozite kalıp öpüşme yüzeylerinden malzeme sızmasını getirir.

Tasarım ve malzeme seçimi iyi yapılmış bir kalıbın uzun süre çapaksız ürün vermesi gerekmektedir. Kalıbın çarpılmasına karşı koyacak yeterli kalınlıkta plaka sağlanması, gereğinde sabitleyici takozlarla desteklenmesiyle yerinden oynamasını engelleyici önlemlerin alınması, yine öpüşme yüzeylerinin hamillerinden milimin binde birlik miktarları kadar yüksek tutulması, soğutmanın yeterli ve parçanın değişen et kalınlıklarına göre yapılması çapaklanmaya karşı iyi bir kalıp tasarımının gerekleridir. Ürün besleme ağızlarının geniş tutulması plastik eriyik sıcaklığının ve gerekli enjeksiyon basıncının düşürölmesinde etkin olacaktır.

Tampon pimlerinin çevresinden hava kaçışının sağlanması genel bir kalıpçılık tekniğidir. Bu bir kere kalıptan havanın gereğinden çabuk tahliye olmasına ve dolayısıyla kalıp içinde karşı koyacak basıncın düşmesine neden olur. Tampon çevresinde oluşan çapak parçanın kalıptan çıkmasında zorluk çıkarabilir ve süzdürmenin kolaylaşabilmesi için kalıpta malzeme çekmesinin daha fazla olması

için soğuma süresinin uzatılması yoluna gidilir ki bu da zaman kaybıdır. Ancak başka amaçlarla tampon çevresinden hava tahliyesi gerekiyor ve oluşan apak ürünün kullanım yerinde sorun yaratmıyorsa bahsedilen sakıncaları göz önüne alınarak optimize edilmelidir.

Ürün tasarımı da çapaklı ürün alınmasını getirebilir. Parçadaki kaburgalar, göbekler, insertler, delikler, girinti ve çıkıntılar basınç düşmesine yol açarlar. O takdirde uygulanması gerekli yüksek basınç, bu engeller öncesi öpüşme yüzeylerinde malzeme taşması yapabilir. Düzgün olmayan parça et kalınlığı durumunda ise, ince tutulan bölgelerin donmadan doldurulması için fazla hıza ihtiyaç duyulur. Bu durumda da öpüşme yüzeyi zayıf bölgeler apağa kaçabilir. Böylesi sorunların olabileceğı düşünölerek et kalınlığı az olan bölgeler daha yavaş soğutulmalıdır.

Plastik malzeme seçimi veya malzeme değışikliği de apaklanmaya yol açabilir. Eğer mekanik veya diğerk özellikler belli bir akış indisini belirlemiyor ise kalıba uygun akışkanlığı olan malzeme seçilmelidir. Yüksek akış indisi apaklanmaya yol açabilir. Granöl büyüklüklerindeki farlar ya da granüle edilmemiş tekrar kullanılan malzemenin eşit oranda kullanılmaması, hacimsel malzeme besleme nedeniyle baskıdan baskıya gramaj farklılaşmasına ve apaklanmayı oluşturabilir. Küçük granöl veya parçalar daha çabuk eriyebilmekte ve daha fazla ısı alabilmektedir. Bu da viskoziteyi düşürücü bir faktördür. Ayrıca tekrar kullanılan malzemenin kendi aslına göre akış indisinin yüksek olabileceğı unutulmamalıdır.

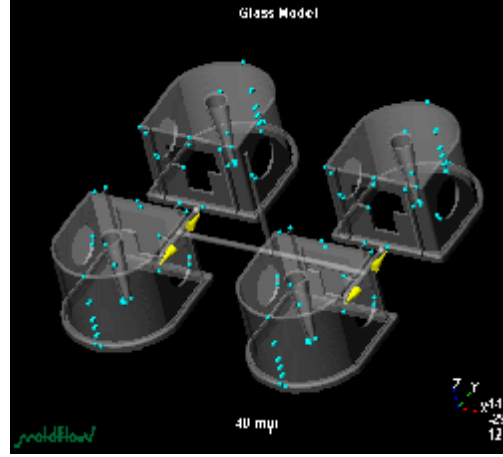
Bundan başka bazı renklendirici pigmentlerin ısı kapasitelerinin diğerklerinden az olması da renk değışmelerinde kalıp boşluğundan dışarıya malzeme sızmasını sağlayabilir.

apak oluşmaması için enjeksiyon şartlarının dengeli ayarlanması gereklidir.. Malzemenin sıcaklığı yükseltilerek viskozitesinin azaltılması sonucu kalıp içerisinde gereğinden fazla basınç oluşur ve bu basınç makinenin kapama gücünü yener ise çapaklanma başlar, bu durumda enjeksiyon basıncının düşürölmesi gerekir. Aksine sıcaklığın düşürölerek viskozitenin arttırılması durumunda enjeksiyon basıncının yükseltilmesi gerekir ki, bu da apaklanmayı getirebilecek bir yüksek enjeksiyon hızına yol açabilecektir.

apak vermeye neden olan başka bir işlem şartı ise ikinci kademe basıncın yüksekliği ve süresinin gereksiz uzunluğudur. Anlaşılmaktadır ki sıcaklık, hız ve basınç ayarları özel bir iş için dikkatlice dengelenmelidir.

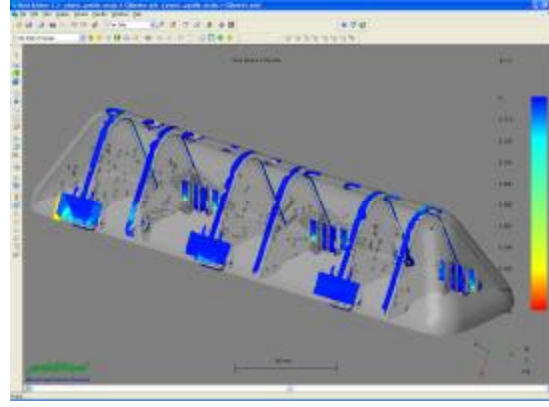
4.3.12. Parça İçinde Boşluk ve Yüzeyde Çöküntü Oluşması

Malzeme yeterli bir şekilde kurutulmamışsa özellikle et kalınlığı oldukça fazla parçaların içerisinde boşlukların oluşmasına neden olabilir. Eğer malzeme uçucu madde taşıyor ise veya silindir içerisinde gaz oluşumu var ise, yine parça içerisinde boşluklar oluşabilir. Bu hatanın tespiti halinde giderilmesi kolaydır.



Şekil 4.10: Hava boşlukları

Yine gazın neden olduğu boşluk durumu hava sıkışmasıdır. Özellikle akışkanlığı fazla olan malzemenin kullanıldığı kalın parçalarda, kalıplama boşluğu içerisinde hapsolan hava, boşluk oluşturur. Enjeksiyon hızının düşürülmesi, ürün besleme ağzının değiştirilmesi gibi önlemlerle sonuç alınabilir. Silindirde hava sıkışmasını engelleyici bir önlem, malzeme akışında silindire ters basınç uygulanmasıdır. Bir de parça içerisinde vakum boşluk diyebileceğimiz bir boşluk oluşur ki nedeni, yüzeydeki çöküntüleri yaratan olgu ile aynıdır. Plastik malzeme eriyik halinde iken katı haline oranla daha fazla hacim kaplar. Faz değiştirme ve soğuma esnasında hacimsel küçülmeye uğrar ve tabiidir ki uzun ve kalın yerlerde bu küçülme kısa ve ince kesitlere göre fazla olur. Kalıplanmış bir plastik parça üzerinde ani kesit kalınlığı değişiklikleri var ise farklı hacimsel küçülme yüzeyde çöküntü şeklinde kendini belli eder. Eğer malzemenin kalıba değen yüzeyi çabuk donar ise, bu hacimsel küçülme içeride bir boşluk yaratarak gerçekleşecektir. Malzemenin özelliğinden ve parça tasarımının sonuçlarından kaynaklanan bu önemli mahzurun giderilmesi pek kolay değildir.



Şekil 4.11: Parça yüzeyinde çökmeler

Parçanın kullanımında eğer yüzey görüntüsü çok önem taşımıyorsa, çöküntü iç boşluklara tercih edilmelidir. Çünkü parça içerisinde bir çentik etkisi yapan iç boşluklar düşük malzeme sorunları getirir. Görüntünün önem kazandığı durumlarda, kalıp sıcaklığı düşürülerek çöküntüler lehine iç boşlukların oluşumuyla hacim küçülmesinin etkisi yüzeyde azaltılır.

4.3.13. Yüzeyde Oluşmuş Pencerecikler

Bazen plastik ürün üzerinde belirli bölgelerde pencerecikleri andıran lekeler rastlanabilir. Polietilen, polipropilen, naylonlar gibi kristalin plastiklerde karşılaşılan bu durum, eğer malzeme doğal olarak kalıplanıyor ise yüzeyde şeffaf pencerecikler şeklinde gözlemlenir. Bir miktar plastik granülü, enjeksiyon silindirinde yalnızca kristal yapısının bozulacağı kadar ısı almışsa kalıba enjekte edildiğinde ki kalıp yüzeyi gereğinden fazla soğuk ise tekrar kristal yapıya erişmeden amorf yapıda katılaşır. Aynı malzemenin kristal ve amorf yapılarının değişik ışık kırılma indisleri nedeniyle amorf durumunda katılan bölgeler şeffaf bir görüntü arz eder. Bu görüntü hatası yanında malzeme yapı devamlılığının bozulması yüzünden düşük darbe mukavemeti sorununu da yaratır. Bu hata, kalıbın kapasitesi yüksek bir makinede çalışması, sıcaklığın yükseltilmesi, kalıp sıcaklığının arttırılması ya da malzemenin daha fazla ısı alabilmesini sağlayacak olan çevrim süresinin uzatılması ile ortadan kaldırılır.

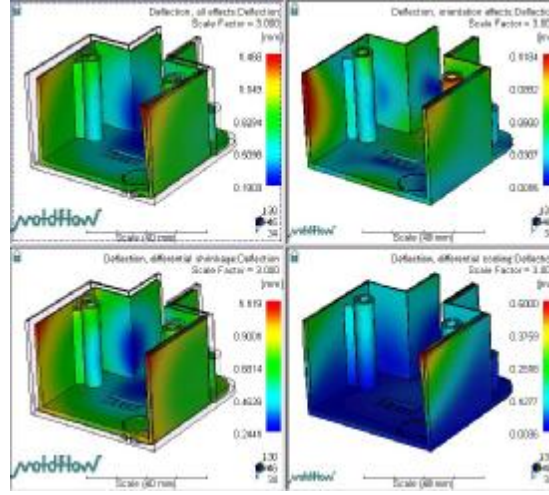
4.3.14. Kalıptan Çıkarken Çarpılma

Bu çarpıklığın kökeni, parça kalıptan çıktıktan sonra oluşan ve iç gerilmelerin neden olduğu çarpılmadan farklıdır. Bir parça kalıptan çarpılmış olarak çıkıyor ise bunun nedeni yetersiz soğuma veya soğutma zamanıdır. Parçalar mutlaka kullanılan plastik

malzemenin ısııl eğrilme sıcaklığının altında soğutulmalıdır. Aksi takdirde yeterince soğumamış yüzeye vuran tampon pimleri parçanın çarpılmasına neden olur

4.3.15. Sonradan Oluşan Çarpılma

Parçanın kalıptan çıktıktan kısa bir süre sonra ya da uzun bir süre sonra çarpılması iç gerilmeler veya da farklı malzeme çekmeleri dolayısıyladır. Katkılı malzeme enjeksiyonunda katkı maddesinin yönlenmesine bağlı olarak çarpılmalar meydana gelebilir.



Şekil 4.12: Parçada çarpılma oluşması

Ürün tasarımı iyi yapılmış bir parçanın, kalıp besleme yeri hatalı verilmemiş ve farklı soğumalara neden olacak bir soğutma sistemi öngörülmemişse, çarpılma hatasını işlem şartlarında aramak gerekir.

Ürün tasarımında farklı et kalınlıklarının verilmesi kaçınılmaz ise, erken soğuyan ve daha çok çeken ince kesitler, geç soğuyan kalın kesitlere doğru parçayı çarpıtacaktır. Bilinçli yerleştirilmemiş kaburgalar da çarpılmaya yol açabilirler.

Çarpılmanın bir nedeni parçadaki farklı malzeme çekmesindendir. Malzeme kalıba girdikten sonra karşılaştığı soğuk kalıp duvarı üzerinde bir film tabakası yapraktan donar. Kesit daraldıkça sonradan gelen malzeme akış yönünde fazladan bir kayma gerilmesine neden olacaktır ve molekül zinciri akış yönüne doğru fazladan gerilecektir. Sonuçta akış yönünde soğuma tamamlandığında buradaki malzeme çekmesi akışa dik olan yöndeki çekmeye oranla daha fazla olacaktır. İki farklı çekme, parçanın üzerinde çekmenin fazla olduğu yöne doğru çarpılmalar oluşturacaktır. Farklı soğuma uygulaması, özellikle büyük parçaların kalıplanmalarında bu çarpılma etkisini azaltacak neticeler verebilir.

Eğer çarpılmanın suçlusunun iç gerilmeler olduğu düşünülüyorsa ilk yapılacak şey eksik ürün verdirerek parçanın doluş şeklinin incelenmesidir. Eğer malzeme kalıba dengeli bir biçimde dolmuyorsa bazı kanalların akışı kolaylaştıracak şekilde açılması, parlatılması vb. önlemler alınmalıdır. Malzemenin kalıp içerisine eşit şekilde dağılımı gerçekleşebiliyor ise, doğru miktarda malzeme tespit edilen bu hızda enjekte edilerek parça şekillendirilmelidir.

Kalın parçaların enjeksiyonunda ikinci kademe basıncı ve süresi fazla veriliyor ve ürün besleme ağzı halen açık ise parçanın donmamış iç kısmına fazladan malzeme enjekte edilmiş olacak bu da çarpılmayı getirecek iç gerilmeleri oluşturacaktır. Nispeten ince et kalınlığı olup da kalın konik besleme ağzı verilmiş parçalarda da besleme ağzı çevresinde fazla enjeksiyon nedeniyle gerilmeler oluşur ki kullanım sırasında kısa sürede çatlama meydana gelir.

Kalıp sıcaklığının yüksek tutulması kalıptan çıkan üründe gerilmelerin daha az olmasını sağlar. Bu kristalin plastiklerde daha da gereklidir.

4.3.16. Çatlama

Eğer plastikte işlem esnasında giderilmemiş iç gerilmeler kaldı ise bu durum daha sonra elverişsiz çevre ve iklim koşullarında çatlama ortaya çıkmasına yol açabilir. İç gerilmelerin azaltılması lazımdır.

4.3.17. Soyulma

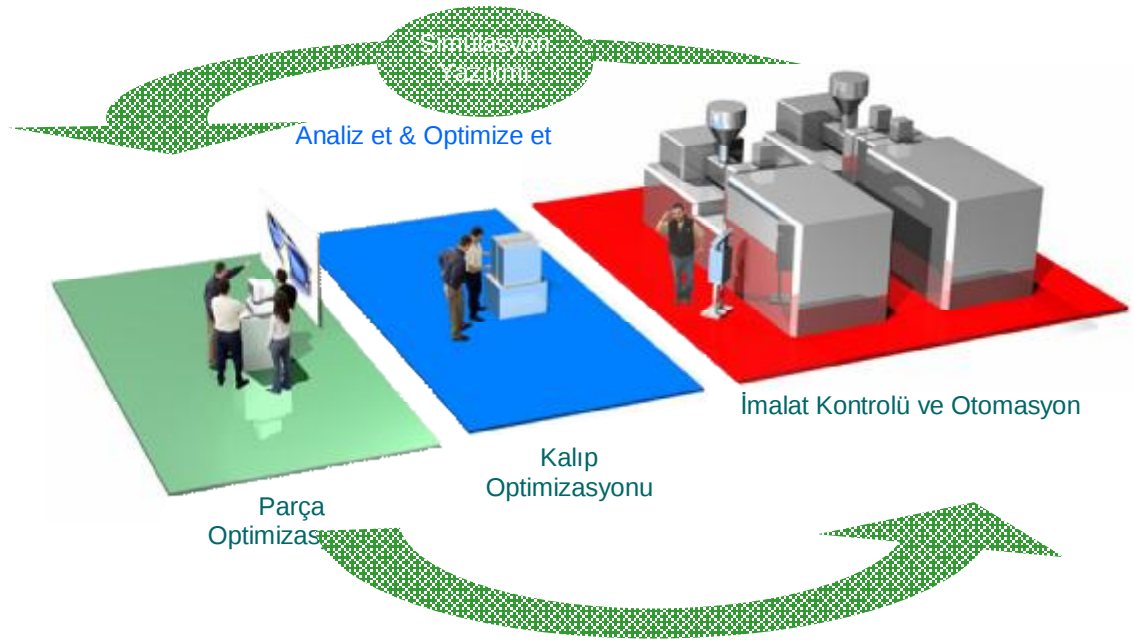
Yüzey soyulmalarının bir nedeni yine iç gerilmelerin fazla oluşundandır. İçerisinde giderilmemiş gerilmeler taşıyan bir parça, normalde etkilenmeyeceği bir karışımla sıcak bir ortamda karşılaştığında yüzeyinde soyulmalar görülebilir. Örneğin polipropilenden yapılmış ve dibinde iç gerilmeler kalmış bir kovaya sıvı deterjan dökelim. Üstüne su ilave edildiğinde çıkan çözünme ısısının da etkisiyle yüzeyde pullanmalar şeklinde soyulmalar gözlemlenir.

Bir plastik malzemeye başka bir plastik malzeme karıştığında da üründe, özellikle ürün besleme ağzında soyulmalar olur.

Fazla miktarda kullanılan kalıp ayırıcı yağları daha sonradan yüzey soyulmalarına neden olabilirler.[10]

5. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZ PROGRAMLARI

Analiz programları ile plastik enjeksiyon yönteminde oluşabilecek hataları tespit etmek ve bu hataları gidermek için önlemler almak mümkündür.



Şekil 5.1: Otomasyon adaları

Program kullanımının sağladığı en önemli faydalardan biri, kendi içerisinde otomasyonu sağlamış olan tasarım ofisi, kalıphane ve enjeksiyon bölümlerinin kopukluğundan kaynaklanan iş yavaşlığını ve bunun sonucu ortaya çıkan maliyetleri azaltmasıdır.

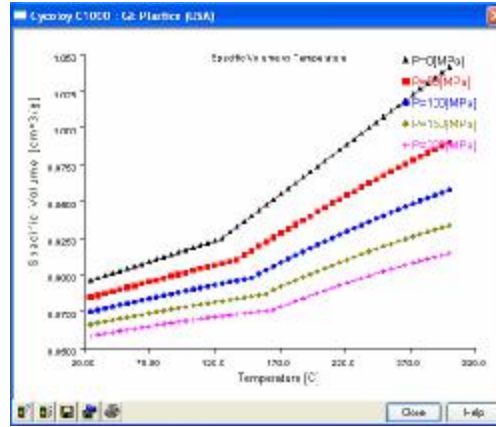
Analiz programlarının plastik parça imalatında kullanımını iki ana grup altında toplayabiliriz. Bunlar; parça tasarımı aşamasında kullanımı ve kalıp tasarımı aşamasında kullanımıdır.

Parça tasarımı sırasında analiz programlarının kullanımı imalat aşamasına geçildiğinde çıkabilecek sorunların ortadan kalkmasını sağlar. Tespit edilebilecek bu hataların büyük bir çoğunluğu hacimsel kökenlidir ve parça tasarımında küçük değişiklikler yapılarak giderilebilir.

5.1.Malzeme Seçimi

Parça tasarımı kadar tasarlanan parçanın hangi malzemeden imal edileceğine karar vermek, mevcut geometri için en uygun malzemenin hangisi olduğunu belirlemek de imalat kalitesi için en önemli parametrelerden bir tanesidir.

Günümüzde kullanılan mühendislik ve analiz programları bize malzeme karşılaştırmaları için çeşitli araçlar sunmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan Moldflow programı çerisindeki malzeme bilgilerinin hepsi deneysel çalışmalar sonucunda program kütüphanesindeki veri tabanına girilmekte ve sizin seçmiş olduğunuz malzemelerden hangisinin parçanız için en uygun malzeme olduğunu size bir rapor olarak sunmaktadır.



Şekil 5.2: Cycoly C1000 PVT diyagramı

5.2.Enjeksiyon İşleminin Simülasyonu

Tasarlanan parçanın malzeme, baskı şartları gibi imalat bilgileri de analiz ortamına dahil edildiğinde parçanın imalatı simüle edilebilir ve oluşacak hatalar daha ilk baskı yapılmadan görülebilir ve önlem alınabilir.

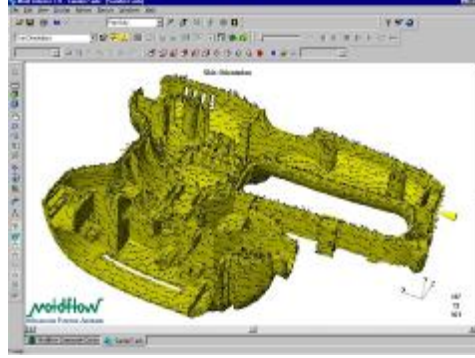


Şekil 5.3: Dolum aşamaları

Yukarıdaki şekilde Moldflow programında yapılmış bir analiz ile plastik bir parçanın dolum aşamaları görülmektedir. Şekilden de anlaşılabileceği gibi analiz programına

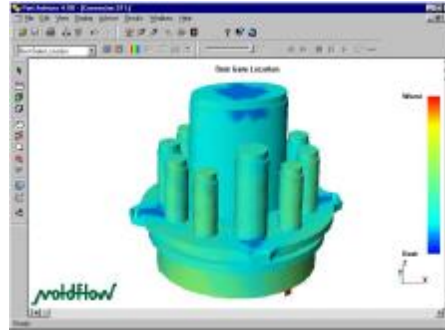
doğru veriler girildiğinde plastik enjeksiyon işlemi birebir simülasyonu yapılabilen bir işlemdir.

Analiz programları sayesinde imalat sırasında oluşması muhtemel hatalar önceden belirlenebilirler. Plastik enjeksiyon işlemi sırasında plastik parçada oluşabilecek problemlerin genel sebepleri parçanın hacim dağılımı, buna bağlı olarak da akışkan plastik malzemenin bu hacim içerisindeki hareketinin karakteri ile ilgilidir.



Şekil 5.4: Bir plastik parçada fiber yönlenmesi

Kalıp içerisindeki boşlukta erimiş plastiğin akışının simüle edilmesi birçok hata hakkında fikir verebilir. Oluşacak çarpılmalar ve fiber katkılı malzemelerdeki mukavemet dengesizlikleri konusunda da malzeme hareketini önceden görebilmek bizim için çok önemlidir.



Şekil 5.5: En iyi malzeme giriş noktası analiz sonucu

5.3.Baskı Sonrası Ürün Kalitesi

Parça içerisindeki akış hareketini görmek bize kalıp boşluğuna plastik girişini doğru nokta ya da noktalardan verip vermediğimizi anlamak için fırsat verecektir. Tabi ki sadece malzemenin kalıp içerisindeki yönelmelerini görmek bizim için yeterli değildir. Fakat plastik malzeme girişinin en uygun olacağı yeri önceden tahmin etmenin ve bu bölgelerdeki alternatifler kullanıldığında gerçekleşecek plastik akışını

önceden görebilmenin bize sağlayacağı faydalar tahmin edildiğinden de yardımcı olabilir.

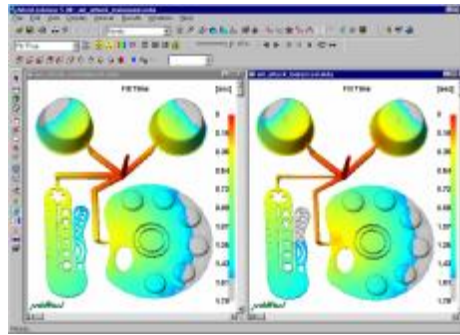


Şekil 5.6: Baskı sonundaki tahmini parça kalitesi dağılımı

Plastik parçanın baskı sonundaki tahmini kalitesini görmek de kalıplama işlemini doğru şartlarda yapıp yapmadığımızı anlamamız için önemli bir parametredir. Bu tip bir aracı iki yönlü kullanabiliriz. Parça kalitesine bakarak işlem şartlarımızı tekrar gözden geçirip en iyi yakalamaya çalışabiliriz veya parça kalite farklılığını bölgesel olarak takip edebildiğimiz için problemlili bölgeler az ya da önemsiz ise yok sayıp mevcut durumu kabul edebilir ve imalata geçebiliriz.

5.4.Yollukların Dengelenmesi:

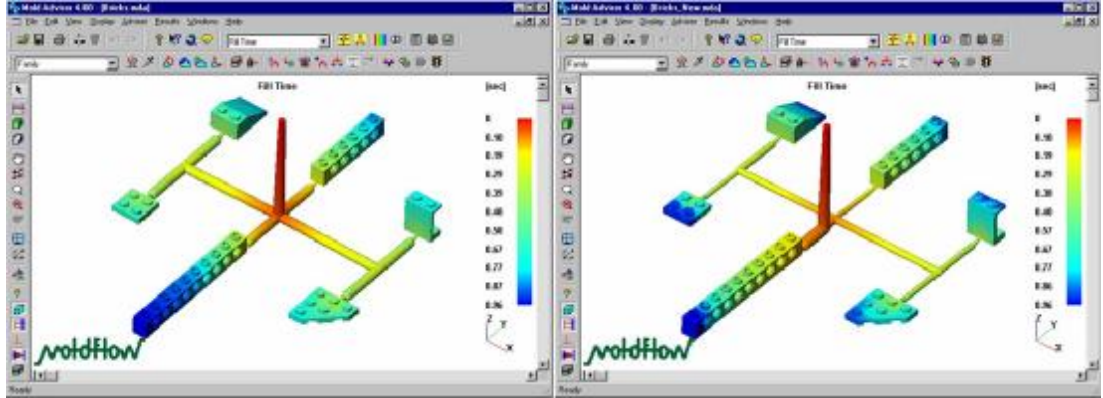
En önemli problemlerden bir tanesi de aile kalıplarında ve çok gözlü kalıplarda yollukların tasarımının yapılmasıdır.



Şekil 5.7: Yollukların dengelenmesi

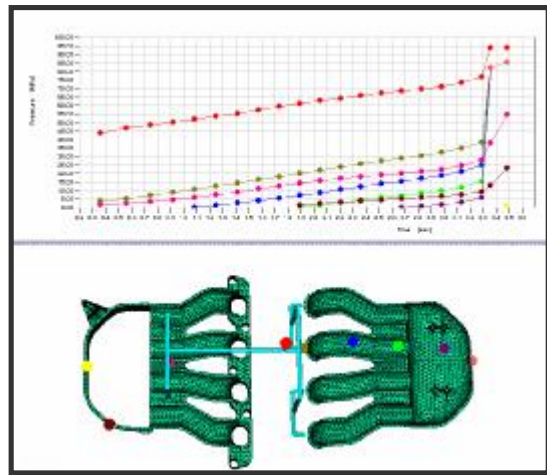
Sağlıklı bir baskı yapılabilmesi için plastik malzemenin kalıp boşluğu içerisinde dengeli bir şekilde yol alması ve kalıp boşluğunun her noktasındaki doluş işleminin aynı anda sonlanması gerekmektedir. Eğer kalıp boşluğu içerisinde dengesiz doluş gerçekleşir ise yapılmaya çalışılacak ilk müdahale enjeksiyon basıncını arttırarak

plastığın boşluğu tam doldurmasını sağlamak olacak, bu da gerekli kapama kuvveti ihtiyacını arttıracaktır. Bu yöntem sonunda ya çapaklı parça oluşacak ya da gereksiz derecede büyük makinelerde baskı yapılması gerekecektir.



Şekil 5.8: Bir 'Lego' kalıbının yolluk dengeleme sonuçları

Bunu önlemek için basit bir analiz işlemi ile optimum yolluk boyutlarını tespit etmek yeterlidir. Yolluk çaplarında yapılacak ufak değişiklikler ile plastik akışı dengelenebilir ve dengeli bir plastik akışı sayesinde düzgün dolum gerçekleşir.

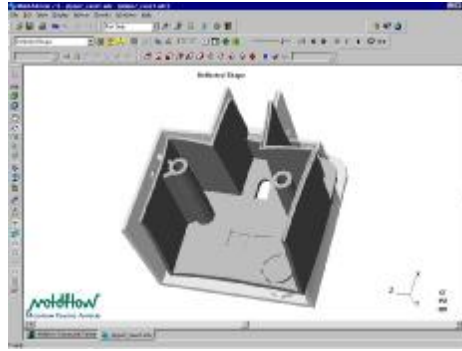


Şekil 5.9: Dolum verileri

Plastik dolum işlemi sırasında yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi kalıp içerisindeki farklı noktalardan veri almak ve bunları grafik olarak elde etmek mümkündür. Bu da bize dolum esnasındaki plastik hareketi ile ilgili daha detaylı bilgi edinme fırsatı verir.

5.5.Çarpılmaların Tespit Edilmesi

Plastik parçalardaki en önemli sorunlardan bir tanesi de çarpılmadır. Analiz programları sayesinde çarpılma oluşacak bölgeleri, çarpılma miktarını ve daha da önemlisi çarpılmanın sebeplerini ve hangi sebebin en fazla etkili olduğunu, kalıbı oluşturmada önce öğrenebilir ve tasarımı bu yönde şekillendirebiliriz. Çarpılmaların sebebi dengesiz soğuma, fiber yönlenmeleri, geometrik problemler ve bunlara bağlı dengesiz çekmeler olabilir. Bunların çarpılmaya etki oranlarını ne kadar net görürsek problemi çözmek de o kadar kolaylaşacaktır.

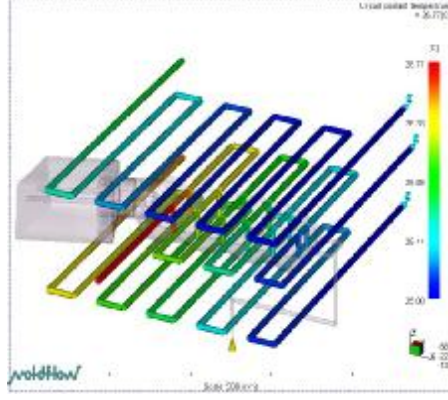


Şekil 5.10: Pervanede oluşan çarpılma

Bilgisayar destekli analiz programlarının kullanımının asıl faydası da bu noktada çıkmaktadır. Program bize sadece baskı sonunda elimize geçecek parçadaki hataları ve miktarlarını değil, bunların oluşma sebeplerini, sebeplerin hata üzerindeki etkilerini göstermekte ve sorunun giderilmesi için önerilerde bulunabilmektedir. [11]

5.6.Soğutma Sistemlerinin Tasarlanması

Bir diğer önemli konu da parçanın soğutulması ve soğuma kanallarının doğru tasarlanmasıdır. Basit parçalarda bu problem kolayca çözülebilecek gibi görünse de karmaşık parçaların düzgün soğutulması için gerekli tasarımlar o kadar da kolay hazırlanamazlar.

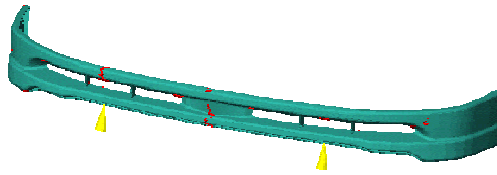


Şekil 5.11: Soğutma kanalları

Parçanın soğutulmasında verilmesi gereken kararlar; kanalların geometrisi, geçirilecek soğutma sıvısı cinsi, sıvı sıcaklığı, debisi... gibi parametrelerdir. Klasik yöntemler ile bu parametrelerin tümüne birden hakim olmak ve doğru sonucu bulmak imkansız değil fakat zaman alıcı bir işlemdir. Fakat analiz programı içerisindeki basit tasarım araçları sayesinde soğutma kanalı geometrisini belirleyebilir, kullanılacak sıvı cinsini seçebilir, sıcaklık ve debileri hesap işlemlerini yaptırabilirsiniz. Bu da, açılacak soğutma kanallarının sonuçlarını baştan görerek işleme başlandığı için imalat riskini minimuma indirecektir.

5.6.Birleşme İzlerinin Tespiti

Baskı sırasında oluşacak akışkan birleşmeleri ve sonucunda meydana gelecek birleşme izleri de hem görsel açıdan istenmezler hem de mukavemeti düşüreceğinden tehlikeli olabilirler.

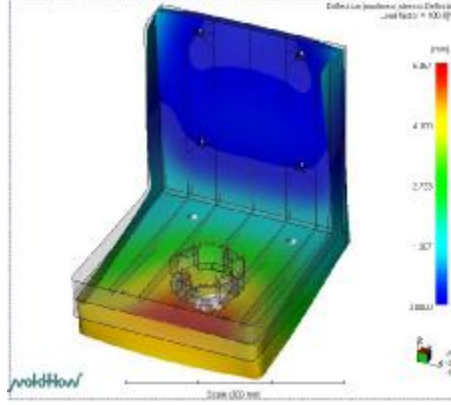


Şekil 5.12: Birleşme çizgileri

Analiz programı içerisinde bu bölgelerin yerleri tespit edilebilir ve kalıp tasarımında yapılacak değişiklikler ile yok edilmeleri veya parçanın sorun çıkarmayacak bölgelerine kaydırılmaları gerçekleştirilebilir.

5.7.Gerilme Analizlerinin Yapılması

Bilgisayar destekli mukavemet analiz programları ile yaklaşık olarak tüm malzemelerin testlerinin yapılması mümkündür. Fakat bu programların özelliği, seçmiş olduğunuz malzemenin parça içerisindeki fiziksel ve kimyasal yapısını homojen varsaymasıdır.



Şekil 5.13: Gerilme analizi

Fakat, plastik enjeksiyon yöntemi ile üretilen bir parçanın iç yapısının homojen olması beklenemez. Parça içerisindeki hava boşlukları, malzeme birleşme bölgeleri, eksik dolum olan bölgeler parçanın uygulanan kuvvet karşısında homojen dağılıma sahip parçalara göre farklı tepki göstermesini sağlar.

Plastik enjeksiyon analiz programları içerisindeki gerilme analizi bölümleri, plastik parçanın imalat durumunu da göz önünde bulundurarak hesaplama yaparlar ve bu da ortaya çıkan analiz sonuçlarının daha gerçekçi olmasını sağlar.

Yukarıda anlatılan ve burada yer verilemeyen daha birçok plastik enjeksiyon probleminin bilgisayar destekli analiz programları ile tespit edilmesi ve bu hataların imalata başlanmadan önüne geçilmesi mümkündür. [12]

Bu tip programlar ile nasıl çalışıldığı ve bize ne gibi faydalar sağlayabileceği bir sonraki bölümde çeşitli örnekler ile anlatılmıştır.

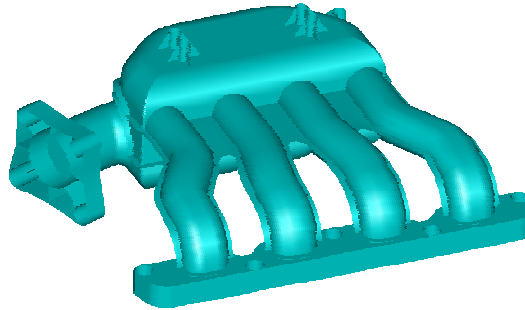
6.UYGULAMALAR

Bilgisayar destekli analiz programları kullanılarak plastik enjeksiyon işleminde ne tip veriler elde edebileceği bir önceki bölümde anlatıldı. Bu bölümde uygulamalar üzerinde plastik enjeksiyon simülasyon programlarının nasıl kullanılacağı ve elde edilen sonuçların uygulamaya nasıl yansıtılacağı anlatılacaktır.

6.1. Manifold Montajında Çarpılma Sorununun Giderilmesi

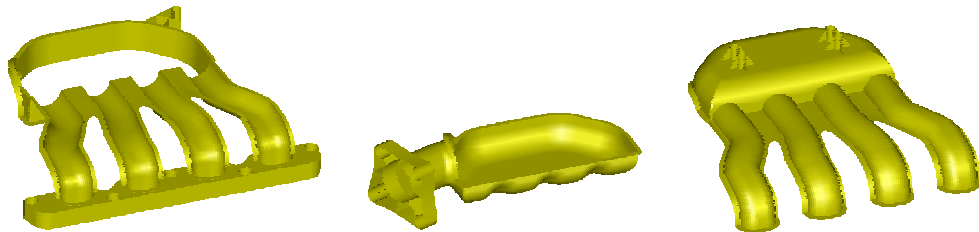
Analiz programlarının plastik parçaların tasarımından başlayıp kalıp tasarımının sonuna kadar olan süreçte tasarım ve imalat hatalarının tespit edilmesinde ve giderilmesinde nasıl kullanıldığı bir otomotiv parçası üzerinde gösterilecektir.

Elimizdeki sistem bir manifold kapağı ve özelliği üç adet plastik parçadan oluşan bir montaj olmasıdır.



Şekil 6.1: Manifold montajı

Birkaç adet plastik parçadan oluşmasından dolayı imalatın çok özenli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Özellikle parçalar birbiri içerisine geçirilerek birleştirme işlemi yapılacağından çarpılmanın minimum olması büyük önem taşımaktadır.



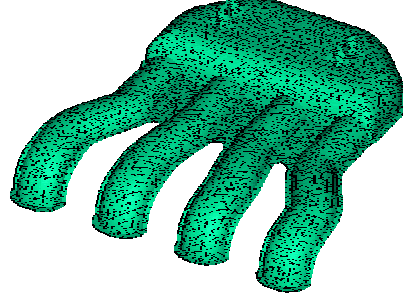
Şekil 6.2: Manifoldun imal edilecek parçaları

İmalat için kullanılacak malzeme: PA6 - GF 30 %

Tasarımda dikkat edilmesi gereken konular;

- Titreşimle kaynak yapılacak olan parçalardaki en büyük imalat çarpılmadır
- Fiber katkılı malzemeler çarpılmaya sebep olabilir
- Parça içerisindeki fiber dağılımını takip edebilmek çarpılmayı azaltmak için çok önemlidir
- Fiber yönlenmeleri dolum aşamalarının takip edilebilmesi ile mümkündür
- Dolum takibi de plastik girişinin tespiti ile başlar

Yukarıdaki tasarım kriterlerini incelediğimizde vermemiz gereken en önemli kararın doğru plastik giriş noktasının seçilmesi olduğunu görüyoruz.



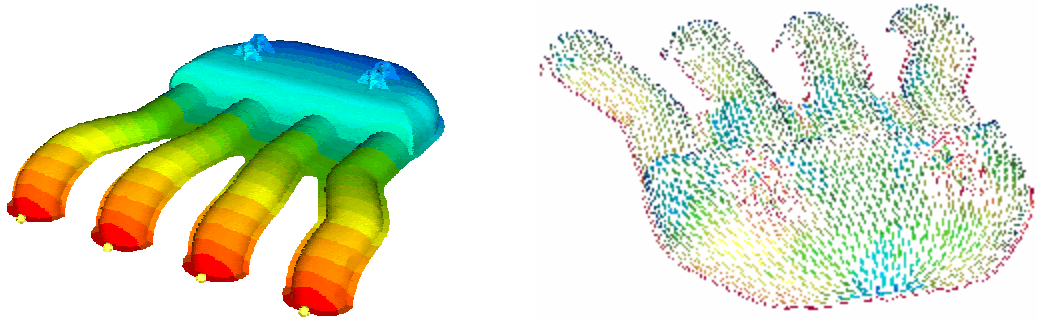
Şekil 6.3: Ağ (Mesh) örülmüş model

Tabii ki ilk yapılması gereken işlem parçanın ağ yapısının doğru bir şekilde oluşturulmasıdır. Bu işlemin teknik detayları bu tez içerisinde yer almayacak, analiz programlarının imalatı nasıl kullanılması gerektiği üzerinde durulacaktır.

Parçamızda ilk verilmesi gereken kararın doğru yolluk girişinin tespit edilmesi olduğunu belirtmiştik. Plastik enjeksiyon analiz programları bize seçtiğimiz şartlarda oluşabilecek sonuçları gösterirler. Bu sebeple analiz programını kullanan kişilerin imalat tecrübelerini kullanarak çeşitli alternatifler yaratması ve bu alternatifleri analiz ederek en doğru olanı içlerinden seçmeleri gerekir.

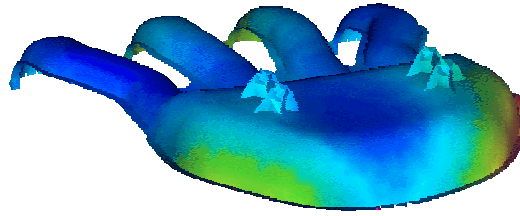
Bu parçanın üç farklı plastik girişi değerlendirilip aralarından çarpılma miktarlarına göre seçim yapılacaktır.

İlk alternatifimizde aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bir ergiyik girişi düşünülmüştür.



Şekil 6.4: Birinci alternatif malzeme girişleri ve fiber yönlenmesi

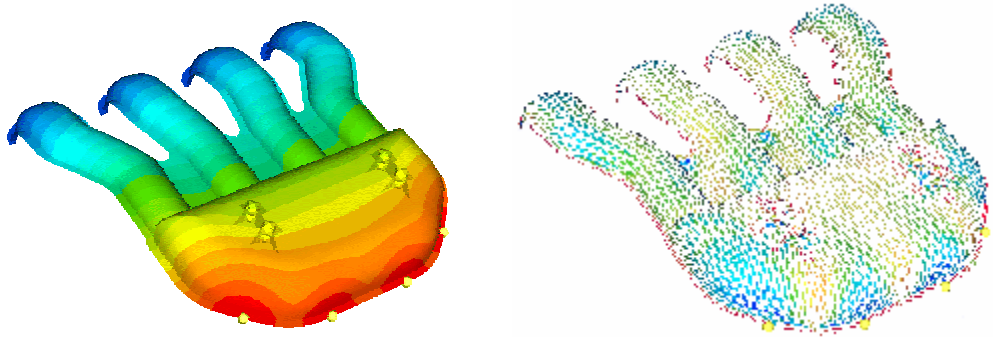
Şekilde sol taraftaki parça üzerinde soğuma renklerle belirtilmiştir ve görüldüğü gibi plastik girişinin olduğu dört noktada malzeme hala sıcak iken arka kısımda plastik donmaya başlamıştır. Sağ tarafta ise dolum sırasında kalıp boşluğu içerisindeki fiber yönlenmeleri görülmektedir ve katkı maddesinin dolumun son gerçekleştiği bölgede karşılaştığı net bir biçimde takip edilebilmektedir.



Şekil 6.5: Birinci alternatif çarpılma analiz sonucu

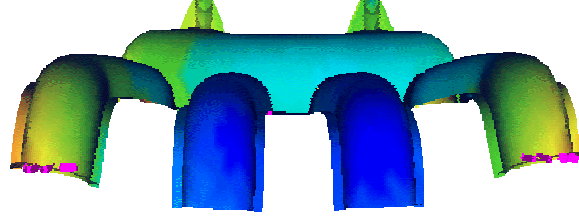
Parçanın çarpılma analiz sonucu incelendiğinde sol tarafta yeşil ve sağ tarafta kırmızı ile görülen bölgeler arasında toplam çarpılma miktarının 1,9mm olduğu tespit edilmiştir.

İkinci alternatifimizde aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bir ergiyik girişi düşünülmüştür.



Şekil 6.6: İkinci alternatif malzeme girişleri ve fiber yönlenmesi

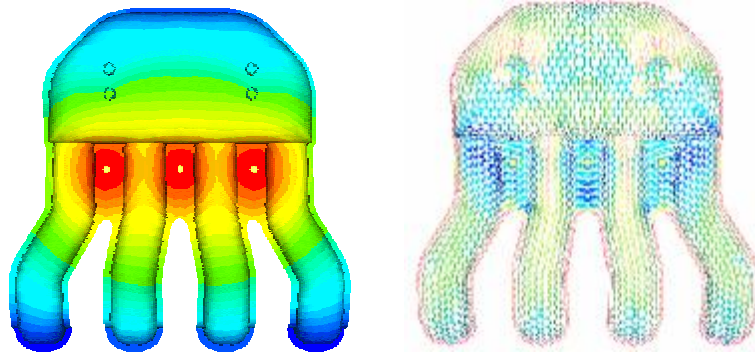
Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi ikinci alternatifte malzeme girişleri yine dört noktadan fakat parçanın tam ters tarafında seçilmiştir. Bu durumda oluşacak fiber yönlenmeleri de sağ tarafta görülmektedir.



Şekil 6.7: İkinci alternatif çarpılma analiz sonucu

Bu durumda şekilde pembe olarak gösterilen kontrol noktaları arasındaki toplam çarpılma 2,2 mm olarak gerçekleşmiştir.

Üçüncü alternatifimizde aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi parçanın orta bölümünden üç noktadan ergiyik girişi düşünülmüştür.



Şekil 6.8: Üçüncü alternatif malzeme girişi ve fiber yönlenmesi



Şekil 6.9: Üçüncü alternatif çarpılma analiz sonucu (4,3 mm)

Sonuçları incelersek;

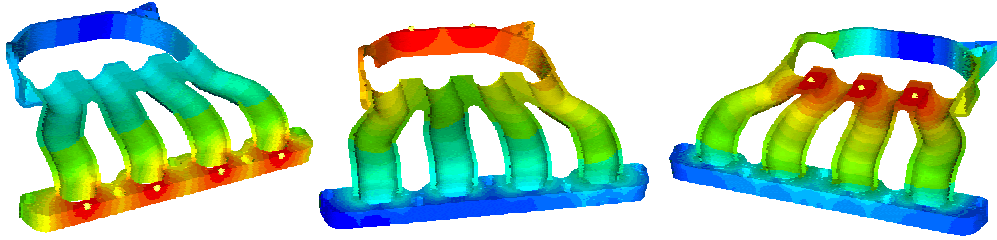
Tablo 6.1: Birinci parça analiz sonuçları

<u>Alternatif</u>	<u>Enjeksiyon Basıncı</u> [MPa]	<u>Hava</u> <u>Boşluğu</u>	<u>Çarpılma</u> [mm]
1	42	Yok	1.9
2	37	Yok	2.2
3	33	Yok	4.3

Sonuçlar incelendiğinde birinci alternatifin sorunsuz bir şekilde imal edilebileceği ve en düşük çarpılma miktarına sahip olduğu görülmüştür.

Diğer tüm parçalar için de aynı adımlar uygulanıp en az çarpılma miktarına sahip imalat şekli seçilecektir.

Manifold için kullanılacak ikinci parçanın farklı plastik girişi alternatifleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.10: İkinci parça plastik giriş alternatifleri

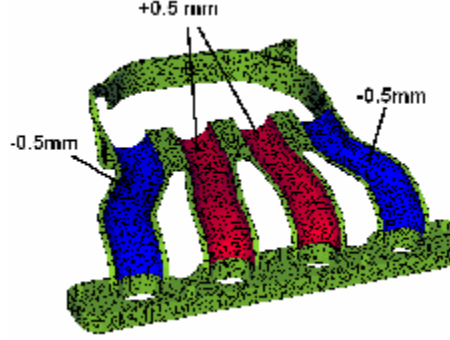
Sonuçlar incelenirse;

Tablo 6.2: İkinci parça analiz sonuçları

<u>Alternatif</u>	<u>Enjeksiyon Basıncı</u> [MPa]	<u>Hava</u> <u>Boşluğu</u>	<u>Çarpılma</u> [mm]
1	57	Yok	5.2
2	74	Yok	4.6
3	59	Yok	4.4

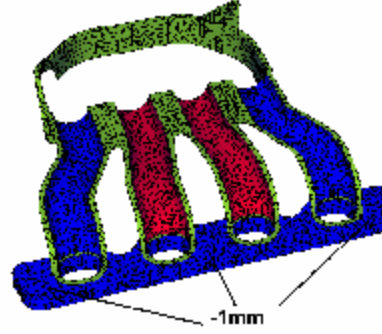
Sonuç tablosuna bakıldığında plastik malzemenin giriş noktaları değiştirilerek elde edilebilecek en düşük çarpılma miktarının 4,4 mm olduğu görülür ki bu değer bu tip bir imalar için çok yüksektir. Bu durumda plastik malzeme giriş noktasını

değiştirmek dışında çözümler düşünölerek çarpılmanın minimuma düşürölmesi gerekmektedir ve ilk başvurulacak çözüm model geometrisi üzerinde et kalınlıklarında değışiklik yapmaktır.



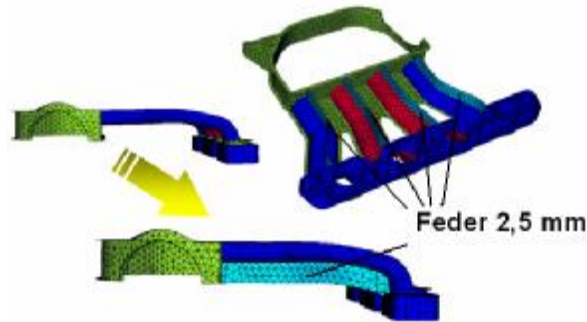
Şekil 6.11: Parça kalınlıklarının değıştirilmesi

Yapılan bu değışiklik sonucunda parçadaki toplam çarpılma miktarı 4,4 mm'den 3.7mm'ye düşmüştür fakat 0,7 mm olarak gerçekteşen bu düşüş bizim için yeterli değildir.



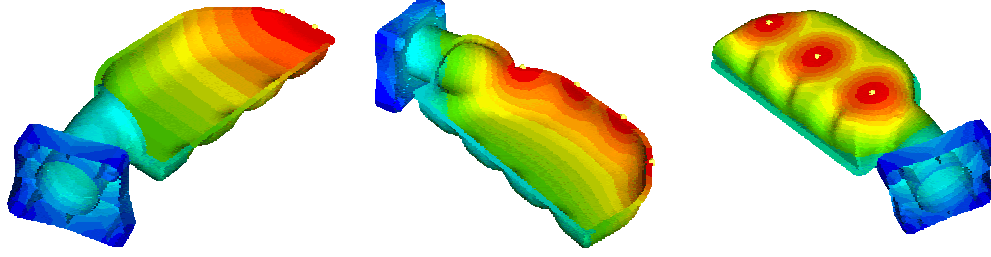
Şekil 6.12: Parça kalınlıklarının değıştirilmesi

Parça kalınlığında yapılan ikinci değışiklikle toplam çarpılma 3,2 mm 'ye düşmüştür ki elde edilen çarpılma değeri hala yüksektir. Bu sebeple parçada son bir geometrik değışiklik düşünölmiş ve aşğıdaki şekilde görölldüğü gibi kaburgalar eklenmesine karar verilmiştir.



Şekil 6.13: İkinci parçaya kaburga eklenmesi

Parçanın et kalınlıkları değiştirildikten sonra eklenen bu kaburgalar sayesinde toplam çarpılma miktarı 2,6 mm 'ye düşmüştür ve bu değer bizim imalatımız için yeterlidir. Üçüncü ve son parçanın da alternatif baskı şekilleri aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 6.14: Üçüncü parça plastik giriş alternatifleri

Tablo 6.3: Üçüncü parça analiz sonuçları

Alternatif	Enjeksiyon Basıncı [MPa]	Hava Boşluğu	Çarpılma [mm]
1	46	Yok	0.9
2	21	Yok	2.8
3	19	Yok	2.1

Tabloda da görüldüğü gibi birinci alternatif en düşük çarpılma miktarını vermektedir ve uygulama için seçilmiştir.

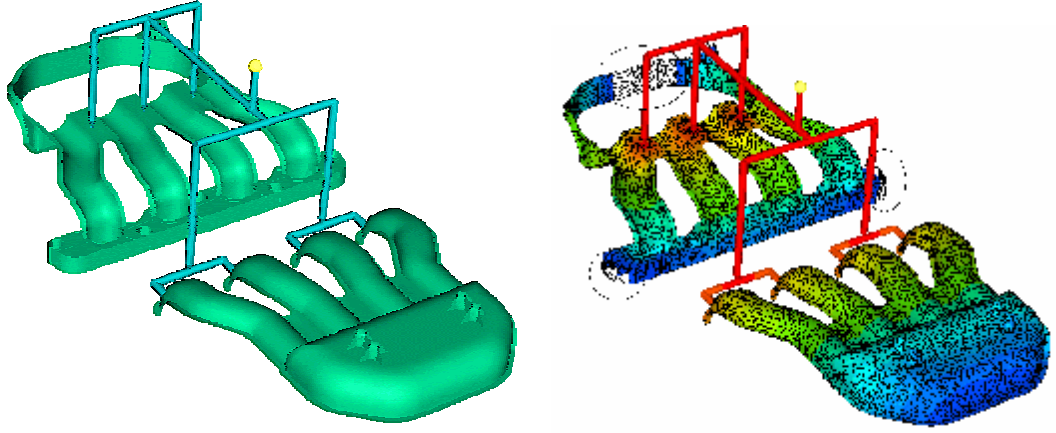
Analiz yapılan bu parçaların ayrı kalıplarda değil de bir aile kalıbı ile imal edilmesi düşünülmektedir. Aile kalıplarının birçok avantajı bulunmaktadır.

Aile kalıplarının avantajları;

- Tek bir döngüde birçok parça imal edilebilir
- Parça şekil ve kalite dengesi sağlanabilir
- İyi bir kalıp bir kere tasarlandığında dengelenmiş imalat gerçekleştirilebilir
- Kalıp bakım maliyetleri azalır
- Takım maliyetleri düşer

Bu avantajlarının yanında aile kalıplarının gereksinimleri de;

- Plastik akış dengesi sağlanmalıdır
- Maksimum enjeksiyon basıncı ve kapama kuvveti gereksinimi mevcut enjeksiyon makinesi sınırları içerisinde olmalıdır

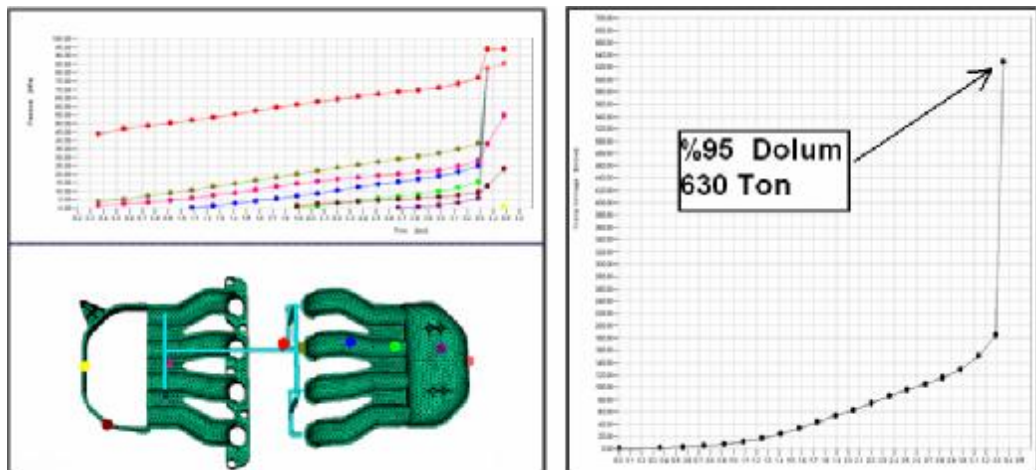


Şekil 6.15: İki parça için tasarlanan aile kalıbı ve plastik dolumu

Yukarıdaki şekildeki gibi bir kalıp tasarlandığında sağ tarafta görüldüğü gibi toplam dolum işleminin %95 'ine gelindiğinde kapak parçasında tam dolum işlemi gerçekleşmesine rağmen alt parçanın üç noktasının henüz dolmadığı tespit edilmiştir.

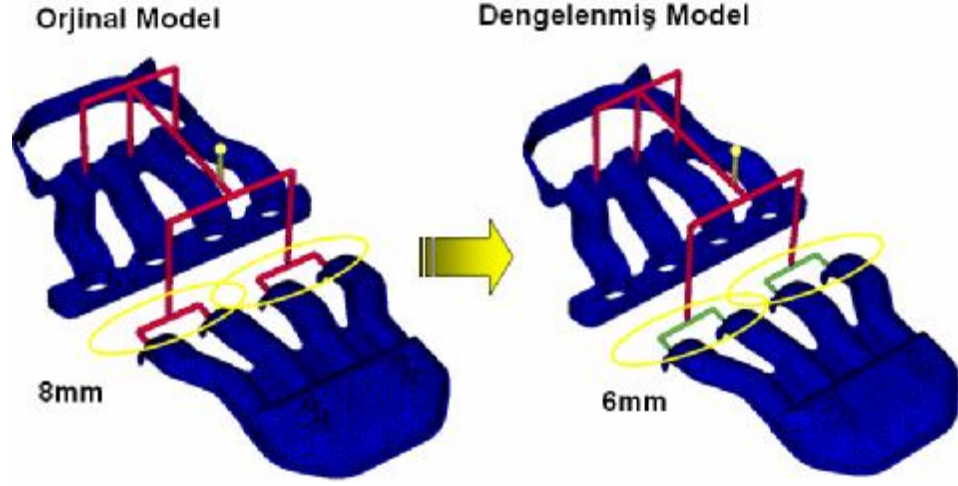
Bu tip bir dolumda kalıbın bir kısmının dolmasından dolayı gerekli basınç ihtiyacı ve buna bağlı olarak da gerekli kapama kuvveti artacaktır. Eğer yeterli kapama kuvveti sağlanamaz ise kalıbın birleşme yüzeyinde plastik malzeme dışarı sızarak son ürün üzerinde çapak oluşumu yapacaktır. Fakat bu problemi enjeksiyon basıncını ve kapama kuvvetini artırarak çözmek pek de ekonomik bir çözüm değildir. Bunun sebebi enjeksiyon basıncını ve kapama kuvvetini arttırmanın daha büyük enjeksiyon makinesine ihtiyaç doğurmasıdır.

Aşağıdaki şekilde kalıbın farklı noktalarındaki basınç değerleri ve dolum işlemi için gerekli kalıp kapama kuvveti görülmektedir.



Şekil 6.16: Enjeksiyon basıncı ve gerekli kapama kuvveti

Şekilden de net bir biçimde görüldüğü gibi kalıptaki dengesiz dolumdan kaynaklanan basınç artışları ve bunun gerektirdiği yüksek kapama kuvvetleri söz konusudur. Oysa ki modelimiz üzerinde ufak ve basit değişiklikler yaparak dengeli bir dolum sağlayabiliriz.

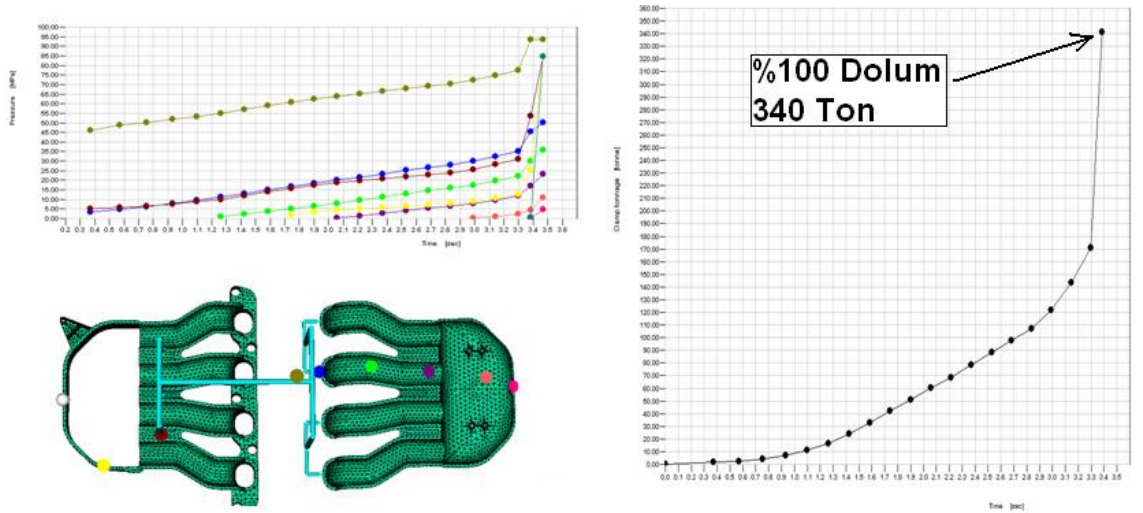


Şekil 6.17: Dengelenmiş model

Kalıp tasarımıımızda kapağa giden yollukların çapı 8 mm ‘den 6 mm ’ye düşürülmüştür.

Bu işlem çok ufak bir işlem olmasına rağmen kalıbımız içerisindeki plastik akışının dengeli olmasını sağlamıştır.

Aşağıdaki şekilde ise dengelenmiş dolum sırasında kalıbın çeşitli noktalarındaki enjeksiyon basıncı değerleri ve gerekli kapama kuvvetleri görülmektedir.



Şekil 6.18: Dengelenmiş dolumda enjeksiyon basıncı ve kapama kuvveti

Sonuç:

- Çok küçük değişiklikler imalatı geliştirir.
- Gerekli kapama kuvveti %46 azaltılmıştır.
- Dengelenmiş plastik dolumu sayesinde oluşabilecek eksik dolum ,kalıp deformasyonu... gibi birçok problem önlenmiştir.
- Kalıp ömrü uzatılmıştır.

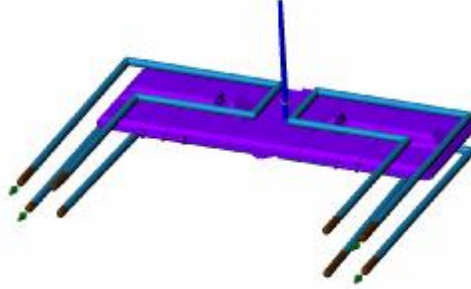
6.2. Plastik Bir Kapak İmalatındaki Soğuma Problemi

Bu uygulamada kalıp tasarımı bitmiş bir plastik parçanın imalatında meydana gelen çarpılma engellenmeye çalışılacaktır.

İmalat şartları düzeltilmeye çalışılacak parçanın malzeme özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.4: Kapak malzeme özellikleri

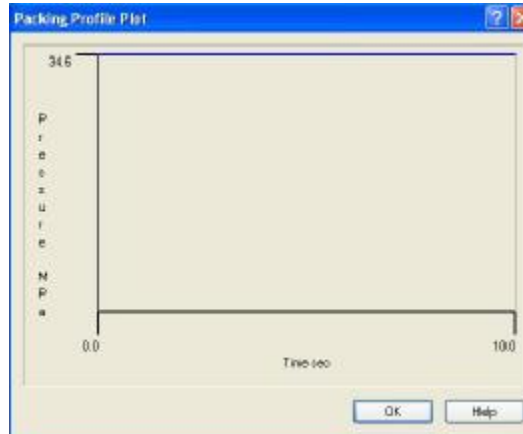
İmalatçı Firma	SF Hoechst
Malzeme İsmi	PPR 1042M
Ürün Ailesi	Polipropilen (PP)



Şekil 6.19: Kapak parçasının soğutma kanalı tasarımı

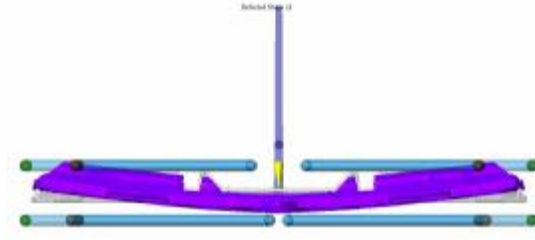
Tablo 6.5: Analizden önceki soğutma şartları

Soğutucu içeriği	%65 su + %35 monoetilen glikol
Soğutucu sıcaklığı	10 °C
Soğutma Süresi	23 saniye



Şekil 6.20: Analizden önceki ütüleme şartları

Kalıp içerisindeki soğutma kanalları şekildeki gibi tasarlandığında, tablodaki soğutma değerleri ve ütüleme şartları belirtilen değerlerde uygulandığında parçada 8mm çarpılma olmaktadır.



Şekil 6.21: Çarpılmış parça

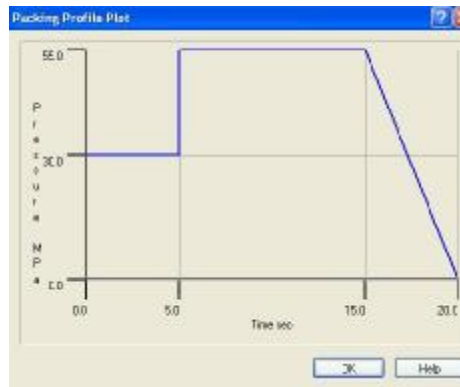
Gerçek imalat şartları kullanılarak yapılan plastik enjeksiyon analizinde imalattan çıkan parçada oluşan çarpılma miktarı elde edilmiştir.

Parçanın kalıp tasarımı bittiği için genel konstrüksiyon üzerinde değişiklik yapmak ek maliyet getireceğinden soğutma şartları ve ütüleme değerlerinde değişiklik yapılarak çarpılmanın engellenmesine çalışılmıştır.

Yapılan bir dizi deneme sonucunda şartlar aşağıdaki gibi değiştirilmiştir;

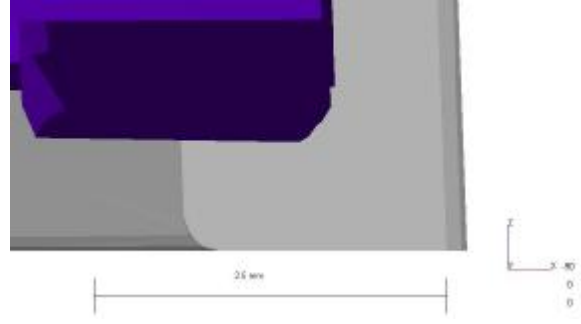
Tablo 6.6: Analizden sonraki soğutma şartları

Soğutucu içeriği	%65 su + %35 monoetilen glikol
Soğutucu sıcaklığı	30 °C
Soğutma Süresi	44 saniye



Şekil 6.22: Analizden sonraki ütüleme şartları

Yukarıdaki şartlarda yapılan baskıda çarpılma 1.3 mm' ye gerilemiştir.



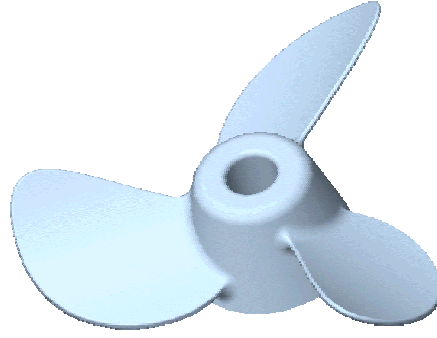
Şekil 6.23: Son durumdaki çarpılma miktarı

Bu örneğe ait analizin detaylı sonuçları EK 1’de verilmiştir.

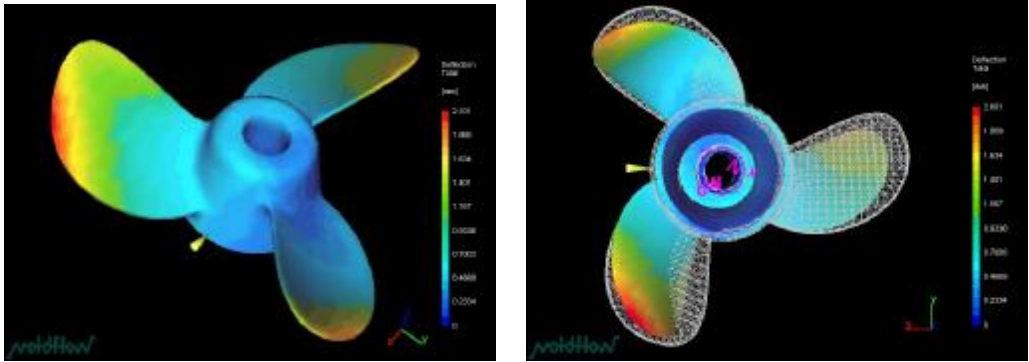
6.3. Plastik Bir Pervanedeki arpılmanın Giderilmesi

Bu uygulamada aşağıda katı modeli verilen pervanenin plastik enjeksiyon analizi yapılarak çarpılma miktarı bulunacak, çarpılmanın sebepleri ve önleme yöntemleri incelenecektir.

Parça malzemesi: Thermofil P6-30FG 0687

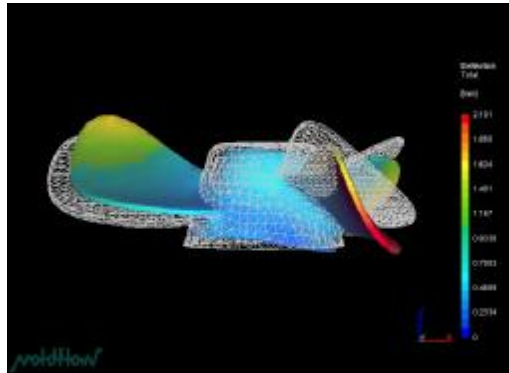


şekil 6.24: Pervane katı modeli



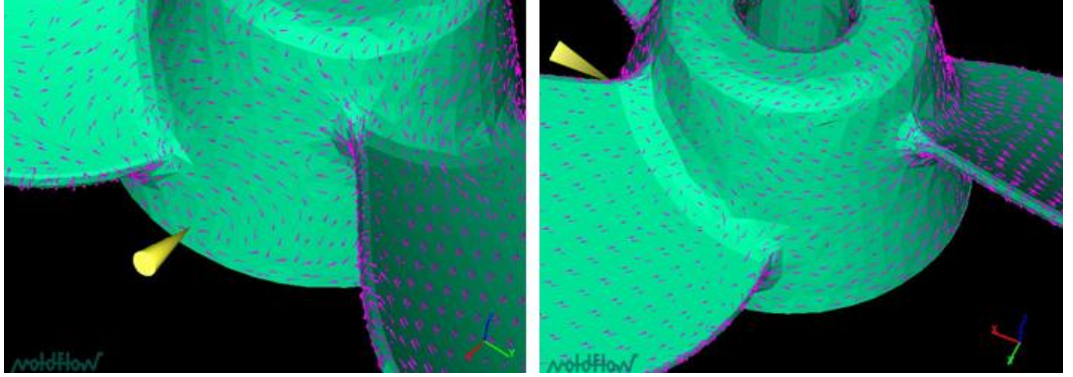
şekil 6.25: Pervane ilk çarpılma analizi sonucu

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde parçada dikkat çeken problemlerin toplam 2.1 mm çarpılma meydana gelmesi ve daireselliğın kaybolması olduğı görölmektedir.



şekil 6.26: Pervane arpılma analiz sonucu (Yandan görünüş)

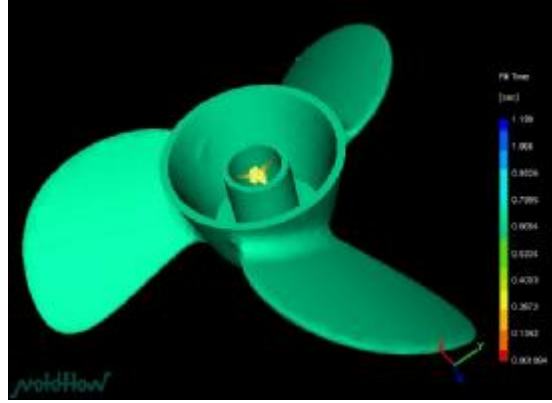
Parçaya farklı bir açıdan bakıldığında ise dairesel bozulma dışında parça tabanının çarpılma sonucunda düzlemselliğini kaybettiği görülmektedir.



Şekil 6.27: Parçada fiber yönlenmeleri

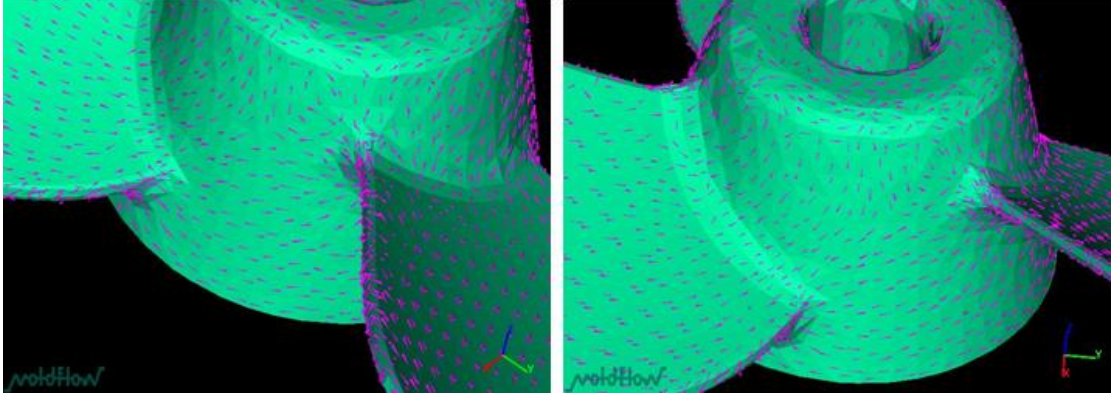
Parçadaki fiber yönlenmelerini incelediğimizde merkez etrafında, kanatların gövde ile birleştiği bölgelerde yoğunlaşma dikkatimizi çekmektedir. Buradaki en büyük problem fiber yoğunlaşmasının simetrik olmamasıdır.

Bu sorunları çözmek için ilk akla gelen parçaya plastik girişinin değiştirilmesidir. Plastik ergiyik girişi parçanın yan tarafından alt kısmına ve kanatlara doğru yönlenecek şekilde değiştirilmiştir.



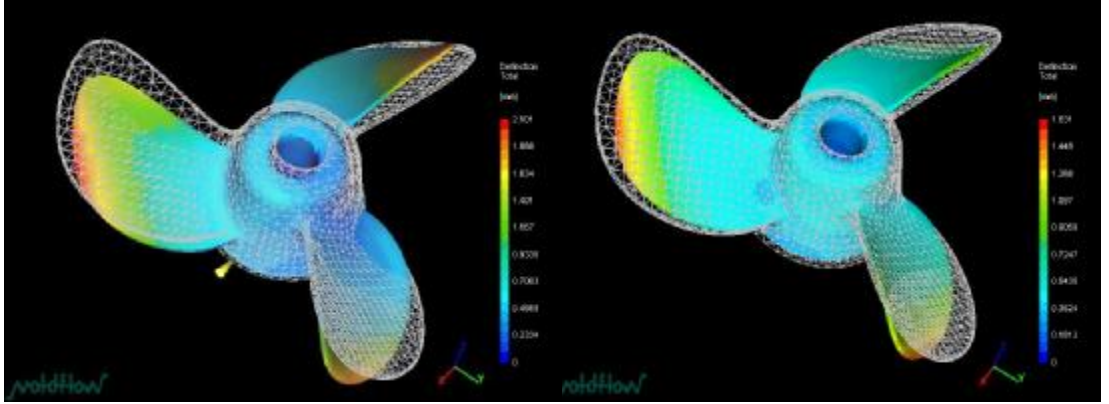
Şekil 6.28: Değiştirilmiş plastik girişi

Tasarımda yapılan değişiklikten sonra malzeme akış analizleri ve fiber yönlenmesi analizleri tekrar yapılmıştır.



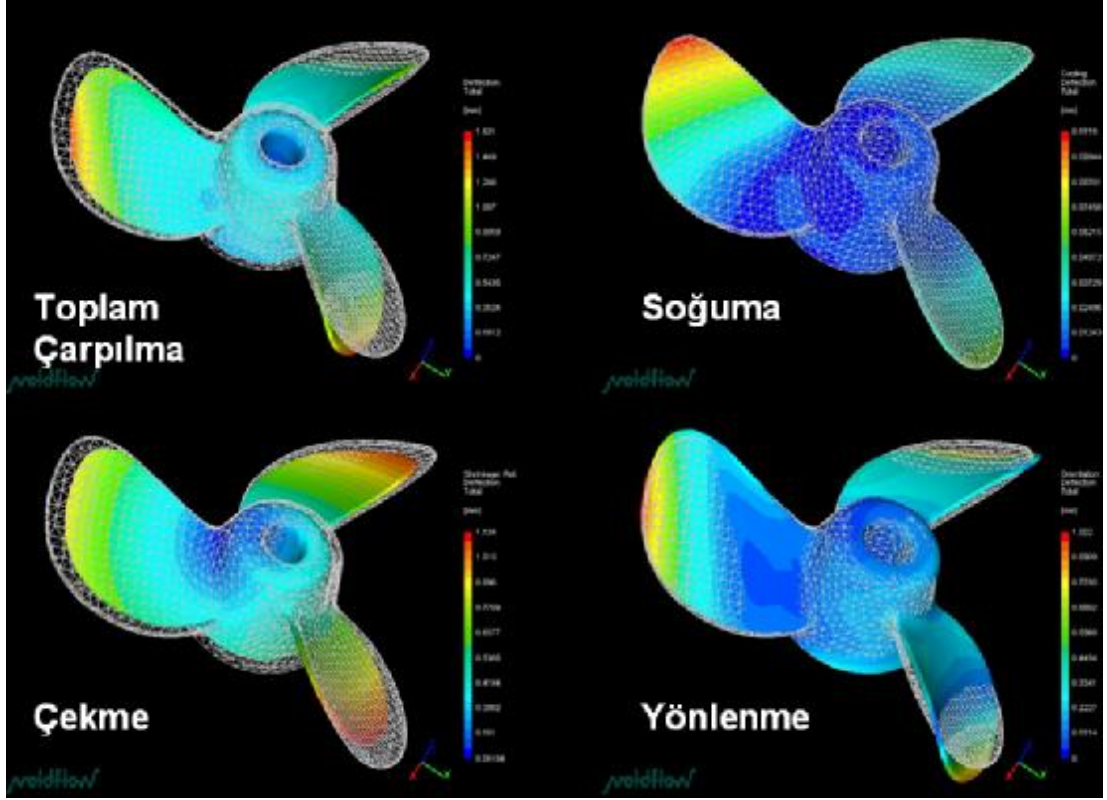
Şekil 6.29 : Parçada değişen fiber yönlenmeleri

Yapılan bu değişiklik sonucunda çarpılma 2.1mm'den 1.6mm'ye düşmüştür.



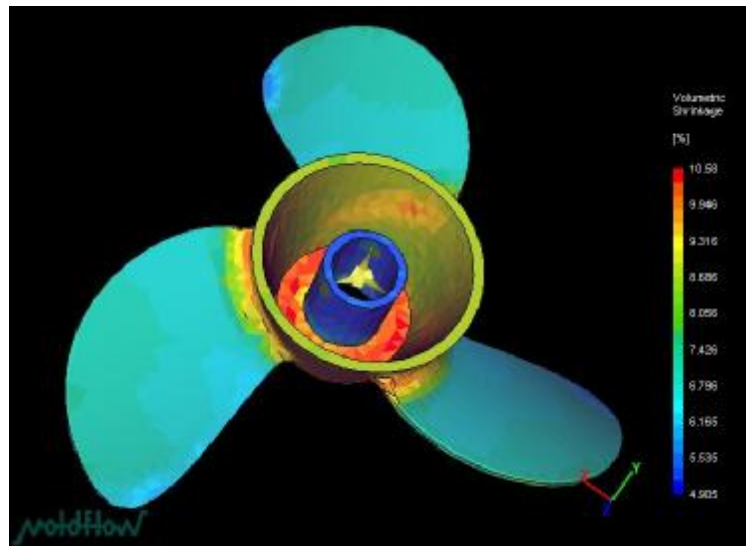
Şekil 6.30: Parçada değişen çarpılma

Bu aşamadan sonra çarpılmanın sebebinin araştırılması gerekmektedir. Kullanmış olduğum analiz programı olan Moldflow içerisinde mevcut toplam çarpılmayı görebildiğimiz gibi ayrı ayrı hangi sebepten ne kadar çarpılma olduğunu da görebilmekteyiz. Aşağıdaki şekilde çekme, soğuma ve fiber yönlenmelerinin çarpılmayı nasıl etkilediği görülmektedir.



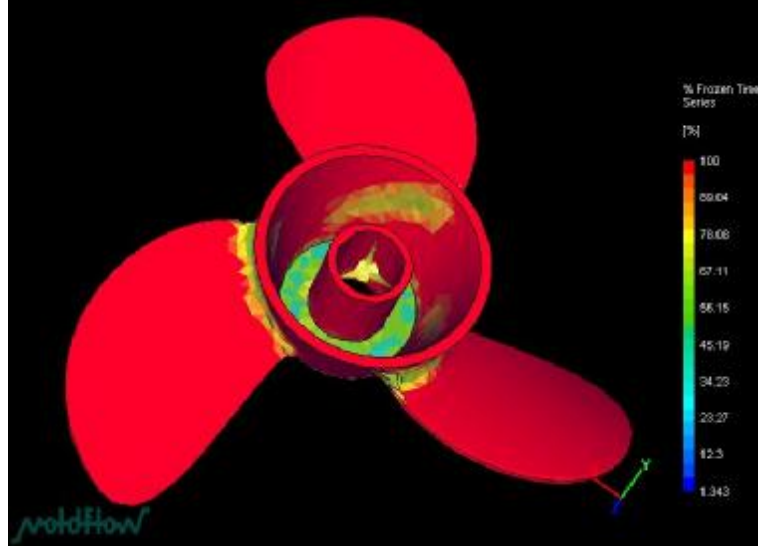
Şekil 6.31: Çarpılma sebepleri

Şekil dikkatlice incelenirse soğumanın çarpılmaya etkisinin çok az olduğu görülür. Parça geometrisi kaynaklı olarak kalıp konstrüksiyonunda da çok değişiklik yapma şansımız olmadığından fiber yönlenmeleri konusunda da bir iyileştirme yapılamamaktadır. Fakat çarpılmanın en büyük sebebi olan çekme konusu incelenip çarpılmanın azaltılabileceği düşünülmüştür.



Şekil 6.32: Pervane üzerinde çekme dağılımı

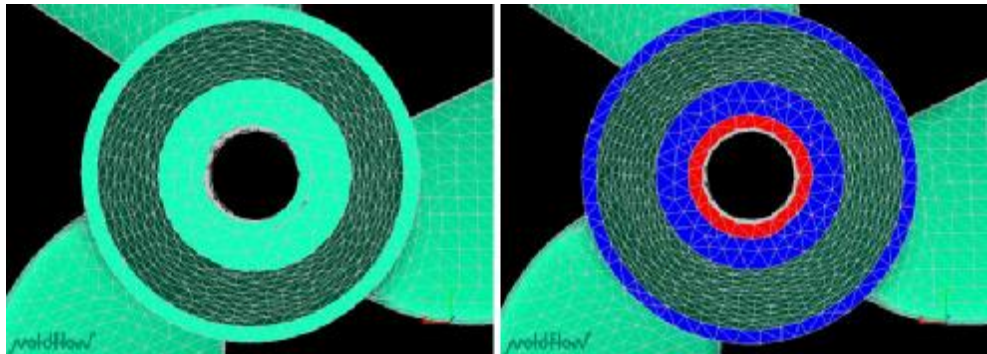
Çekme dağılımını incelediğimizde merkez etrafında yüksek oranda hacimsel çekme olduğunu görmekteyiz. Parçada oluşan bu çekmenin sebebini araştırmak için plastiğin soğuması sırasında plastik donma oranlarını incelemeliyiz.



Şekil 6.33 : Pervane %Donma

Pervanenin donma analiz sonuçları incelendiğinde parçanın tamamı donmadan ütüleme sırasında akışkan plastik girişi yapılacak olan bölgenin donduğu görülmektedir. Donma sebebiyle kalıp boşluğuna daha fazla plastik basılamamakta ve tam donmanın gerçekleşmediği bölgede yoğun bir hacimsel çekme gerçekleşmektedir. Bu hacimsel çekmenin gerçekleşmesinin sebebi ütüleme sırasında bölgeye yeterli miktarlarda plastik malzemenin enjekte edilememesidir.

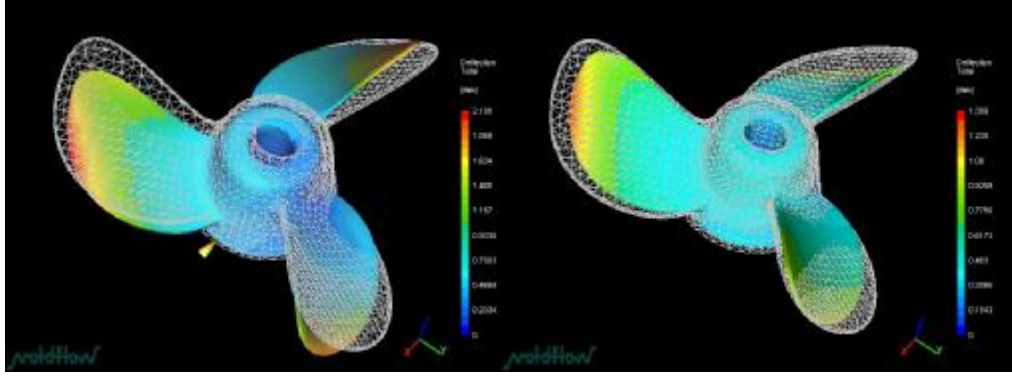
Bu problemin giderilmesi için pervane geometrisinde küçük bir değişiklik yapılması uygun görülmüştür.



Şekil 6.34: Pervane geometrisi değişikliği

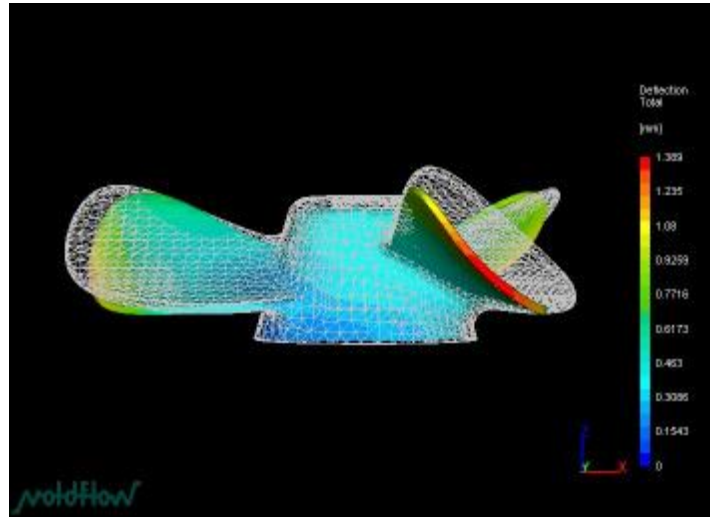
Şekil 6.34’de et kalınlığında yapılan değişiklikler görölmektedir. Kırmızı ile gösterilen bölgede et kalınlığı artışı yapılırken, mavi renkle görölen kısımlarda da et kalınlığında azaltma yapılmıştır.

Geometrideki bu küçük değişiklikten sonra dolum ve çarpılma analizleri tekrarlanmıştır.



Şekil 6.35: Pervane çarpılma sonuçları

Son yapılan çarpılma analiz sonuçlarına göre parçadaki toplam çarpılma 1.4mm’ye düşmüştür. Ayrıca pervane taban geometrisi de olması gerektiği gibi düzlemsel şekle dönmüştür.



Şekil 6.36: Pervane taban geometrisi

7.SONUÇ

Bu tezin başlangıcından sonuna kadar ortaya konan bütün fikirler ve bunların uygulanması sonucunda ortaya çıkan sonuçlar bu kısımda değerlendirilecektir.

Plastik enjeksiyon işlemi neredeyse tam hassasiyet ile analiz programları sayesinde simülasyonu gerçekleştirilebilen bir işlemdir. Plastik enjeksiyon analiz programlarını parça tasarım aşamasından başlayarak kullanmak ve kalıp tasarımını da bu araçlar ile sürdürmek oluşabilecek hataların büyük bir bölümünü önceden tespit etmeye ve yüksek maliyetler çıkmadan, tasarım aşamasında imalat hatalarını önlemeye yardımcı olmaktadır.

Sonuç 1: Plastik parçaların imalatında karşılaşılan en büyük problemlerden bir tanesi imalat sırasında oluşabilecek problemlerin düşünülmemesi veya tasarımı yapan kişinin yeterli imalat bilgisine sahip olmamasıdır. Molflow Plastic Adviser ve benzeri programlar sayesinde, plastik parçanın tasarımı sırasında imalatla oluşabilecek hatalar tespit edilebilir ve önlemler alınabilir. Bu programların en büyük özelliklerinden bir tanesi de, kullanıcılarının yüksek imalat bilgisi gereksinimlerinin olmamasıdır. Standart bir tasarımcının kullanabileceği kolaylıkta olmalarından dolayı plastik malzeme bilgisi olmayan bir tasarımcı, program içerisindeki tavsiye niteliğindeki yardım pencereleri sayesinde tasarımını sonlandırabilir.

Sonuç 2: Kalıp tasarımı sırasında da plastik enjeksiyon analiz programlarının kullanımı çok önem kazanmaktadır. Bu programlar sayesinde enjeksiyon ilk işlemi gerçekleştirilmeden önce üretilecek parçanın kalitesi, baskı hataları, birleşme çizgilerinin yeri, çarpılma miktarı, çekmeler, soğuma problemleri... gibi birçok sorun önceden tespit edilebilir ve kalıp tasarımı bu problemler çözülecek şekilde değiştirilir. Kalıp tasarımı sırasında plastik enjeksiyon analiz programları kullanıldığında ilk baskıda istenen kalitede parça üretme oranı artmakta, kalıp tadilatları için gerekecek olan işçilik, zaman, malzeme gibi maliyetler azalmaktadır.

Sonuç 3: Plastik parça imalatında meydana gelen problemleri sadece tespit etmek de yeterli değildir. Tespit edilen problemin sebebinin de belirlenmesi çok önemlidir. Plastik enjeksiyon analiz programı içerisinde ayrıntılı olarak problemin sebeplerinin sonuca olan etkilerini de takip etmek mümkündür. Basit bir örnek vermek gerekir ise

bir plastik parçanın çarpılmasının sebepleri soğuma problemleri, çekme veya fiber katkılı malzemelerde fiber yönlenmelerinin düzensiz olması olabilir. Eğer bunların parçada oluşan hataya etki seviyeleri bilinmez ise sonuca ulaşmak yine çok zor olabilir. Çünkü soğuma problemini gidermek için yapılacak müdahale ile fiber yönlenmelerini düzeltmek için yapılacak müdahale birbirinden çok farklılık göstermektedir. Plastik enjeksiyon analiz programları sayesinde bu etkileri görebilir ve en yüksek seviyede etkili faktörü bulup çözümü daha kolay gerçekleştirebiliriz.

Sonuç 4: Plastik enjeksiyon analiz programlarının diğer bir faydası da imalat maliyetlerinin oluşturulmasıdır. Program tüm döngü zamanını, hammadde birim maliyetini, kalıp maliyetlerini, işçilik ve zaman maliyetlerini... dikkate alarak parça başına maliyetleri hesaplayabilmektedir.

Günümüz teknoloji çağıdır ve sadece kaliteli parça imal etmek yeterli değildir. Kaliteli, hızlı ve güvenilir parçaları minimum maliyetlerle piyasaya süren firmalar faaliyetlerini sürdürmeye devam edebileceklerdir. İşte bu noktada da önceden hata tespitini sağlayan simülasyon programlarının kullanımının artması imalat sektörünün daha hızlı ilerlemesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Güneş, A.T.**, 2005. Plastik Enjeksiyon Kalıpları, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara.
- [2] **Akyüz, F.Ö.**, 2001. Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş, Pagay Yayıncılık, İstanbul.
- [3] **Turaçlı, H.**, 2003. Enjeksiyoncunun El Kitabı, Pagay Yayıncılık, İstanbul.
- [4] **Onaran, K.**, 1993. Plastik Malzeme Bilgisi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- [5] **Safoğlu, R.A.**, 1990. Malzeme Bilimine Giriş, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [6] **Rees, H.**, 1996. Understanding Product Design For Injection Molding, Hanser-Gardner Publications, Cincinnati.
- [7] **Moldflow Eğitim Notları.**, UMTAŞ A.Ş. , İstanbul
- [8] **Kahraman, E.**, 2004. Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Sıcak Yolluk Uygulamaları Teknik Makale, *Kalıp Dünyası Dergisi*, Prestij Yayıncılık , İstanbul.
- [9] **Pye, R.G.W.**, 1983. Injection Mold Design, George Godwin, London
- [10] **Turaçlı, H.**, 2003, Enjeksiyon Hataları ve Çözümleri, Pagay Yayıncılık, İstanbul
- [11] **Kuldaşlı, A.B.**, 2005, Enjeksiyon Yöntemi İçin Plastik Parça Tasarımı, A&P Ambalaj Plastik Dergisi, Ekim, Yağmur Yayıncılık, İstanbul
- [12] www.moldflow.com , Moldflow Corporation Website

Kapak Analiz

Hazırlayan: Ahmet Barış KULDAŞLI



Hazırlanan Firma:
SERDAR PLASTİK

Tarih: 17/Ekimr/2005

GİRİŞ

Parçanın tasarlanan kalıbı ile yapılan imalatla 8 mm çarpılma meydana gelmektedir. Parçanın kullanım yeri için bu çarpılma miktarı çok yüksek olduğunda analiz programı kullanılarak çarpılma azaltılmaya çalışılmıştır.

ÖZET

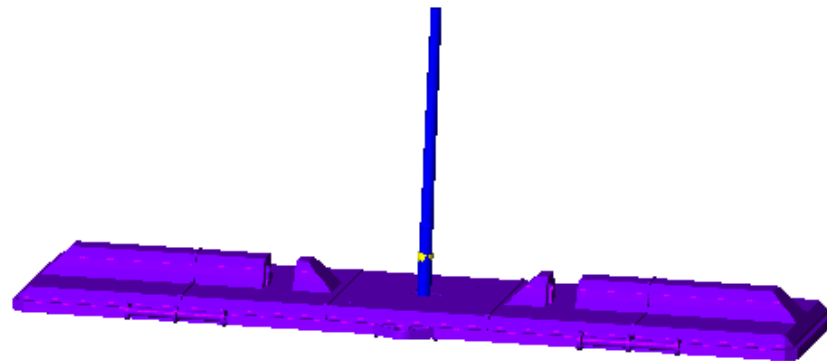
Versiyon:	7.2
Kapak_center2_adv	
Parça İsmi:	Kapak
Malzeme Sağlayıcı:	SF Hoechst
Malzeme:	Hostalen PPR 1042 M
Maks. Enjeksiyon Basıncı:	120.00 MPa
Kalıp Sıcaklığı:	30.00 deg.C
Ergiyik Sıcaklığı:	230.00 deg.C
Model Uygunluğu:	Parçanız analiz için uygundur
Dolum Analizi	Kapak_center2_adv
Kalıplanabilirlik:	Parçanız kolayca doldurulabilir.
Enjeksiyon Zamanı:	1.68 s
Enjeksiyon Basıncı:	42.09 MPa
Birleşme Çizgisi:	Evet
Hava Boşluğu:	Evet
Baskı Hacmi :	308.59 cu.cm (302.94, 5.65)
Dolum Kapama Kuvveti:	86.21 tonne
Ütüleme Kapama Kuvveti @20%:	(8.42)MPa 56.13 ton

Ütuleme Kapama Kuvveti @80%:	(33.67)MPa 224.51 tonne
Ütuleme Kapama Kuvveti @120%:	(50.51)MPa 336.76 tonne
Kapama Kuvveti Alanı:	653.86 sq.cm
Döngü Zamanı:	60.00 sec
Ütuleme Analizi	Kapak_center2_adv
Toplam Parça Ağırlığı	253.56 g
Parça Çıkma Zamanı	55.02 sec
Soğuma Zamanı	33.32 sec
Ütuleme Profili	Kapak_center2_adv
Zaman (saniye)	0
Basınç (MPa)	30
Zaman (saniye)	5
Basınç (MPa)	30
Zaman (saniye)	0
Basınç (MPa)	55
Zaman (saniye)	10
Basınç (MPa)	55
Zaman (saniye)	5
Basınç (MPa)	0
Soğuma Kalitesi	Kapak_center2_adv
Yüzey Sıcaklık Dağılımı	-27.89 deg.C to 44.11 deg.C
Donma Zaman Dağılımı	-12.59 sec to 81.57 sec
Soğuma Analizi	Kapak_center2_adv
Maksimum Kalıp Boşluğu Sıcaklığı	87.00 deg.C
Minimum Kalıp Boşluğu Sıcaklığı	15.00 deg.C
Ortalama Kalıp Boşluğu Sıcaklığı	42.89 deg.C
Ortalama Kalıp Dış Sıcaklığı	25.35 deg.C
Çarpılma Analizi	Kapak_center2_adv
Çarpılma Önerisi	Mevcut referans düzlemine ve maksimum yer değiştirmeye göre, parçanın 96.56% kısmı müsaade edilen sınırlar dışında çarpılmayacaktır.
Referans Noktaları	-209, 66.08, 0.00 mm
	207.7, 66.22, 0.28 mm
	-0.68, -65.9, 0.03 mm
Maksimum Yerdeğiştirme	2.50 mm

Kalıpta tasarım değişikliğine gidilmeyip soğuma kanallarından geçen soğutucu sıvıda sıcaklık ve debi değişikliği yapılarak çarpılmadaki değişim gözlenmiştir.

KATI MODEL

Kapak_center2_adv:Solid Model



moldflow
Moldflow Plastic Adviser

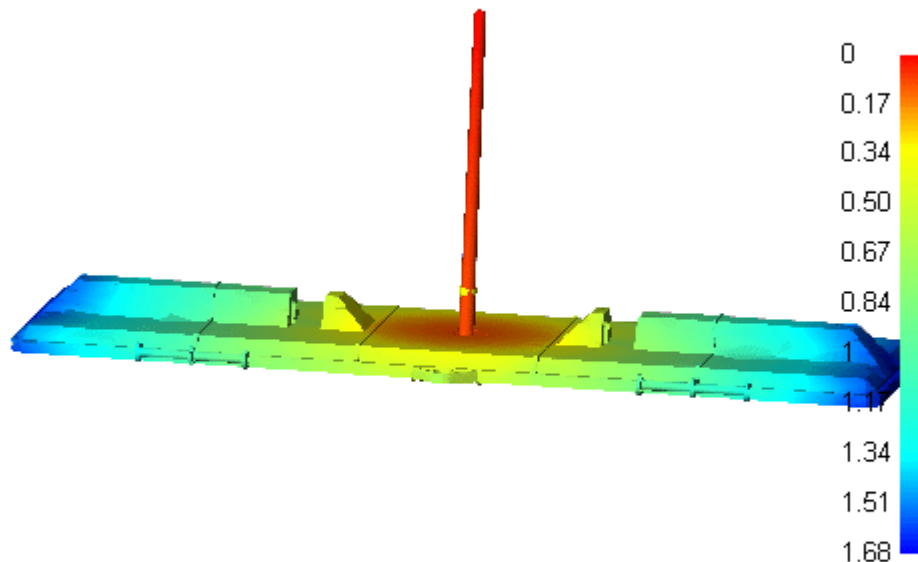
80 mm

Z
Y X 99
-172
176

DOLUM ZAMANI

Kapak_center2_adv:Fill Time

[sec]



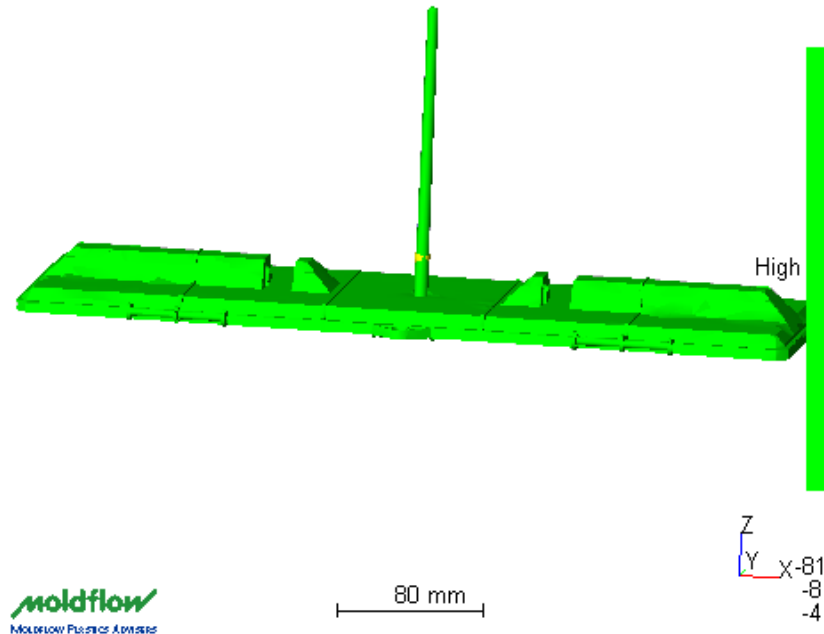
moldflow
Moldflow Plastic Adviser

80 mm

Z
Y X -81
-8
-4

DOLUM KALİTESİ

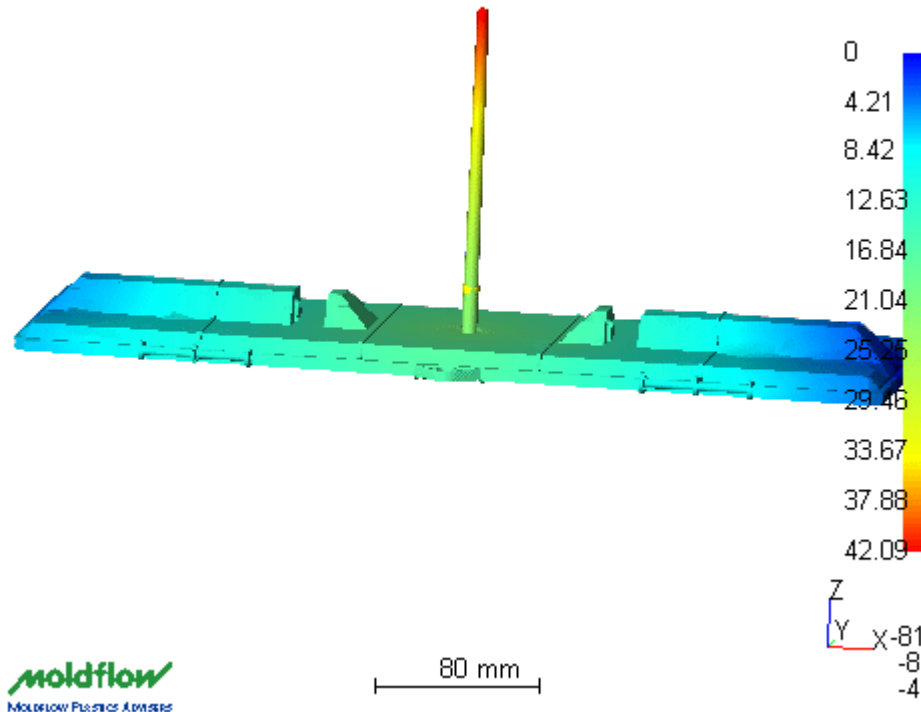
Kapak_center2_adv: Confidence of Fill



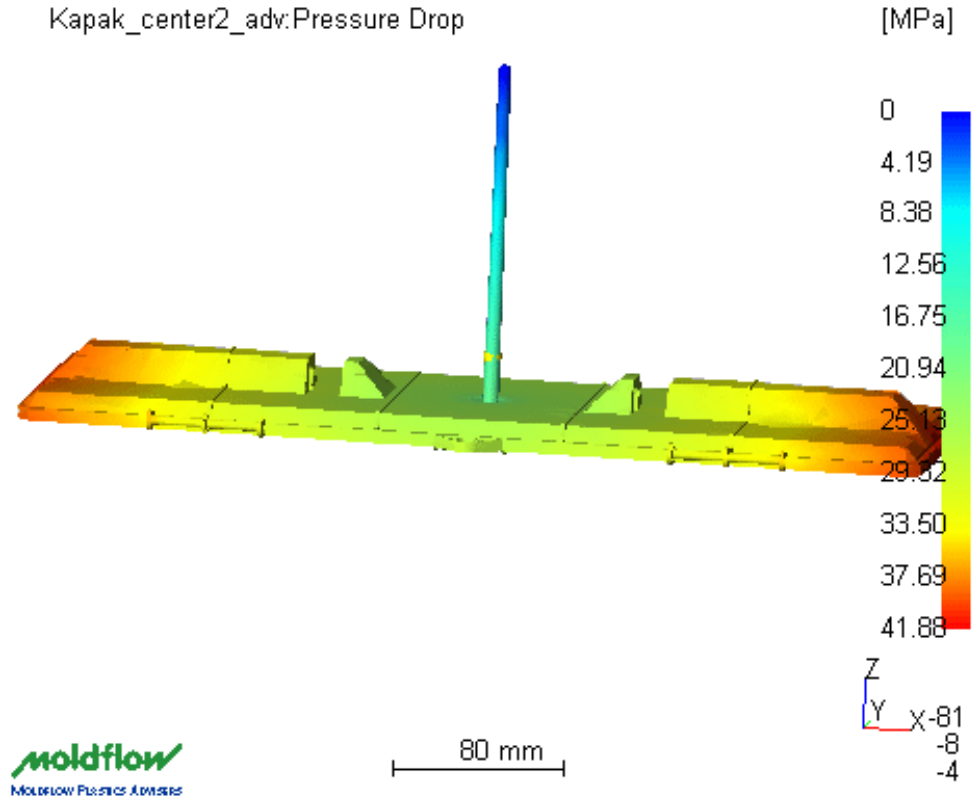
ENJEKSİYON BASINCI

Kapak_center2_adv: Injection Pressure

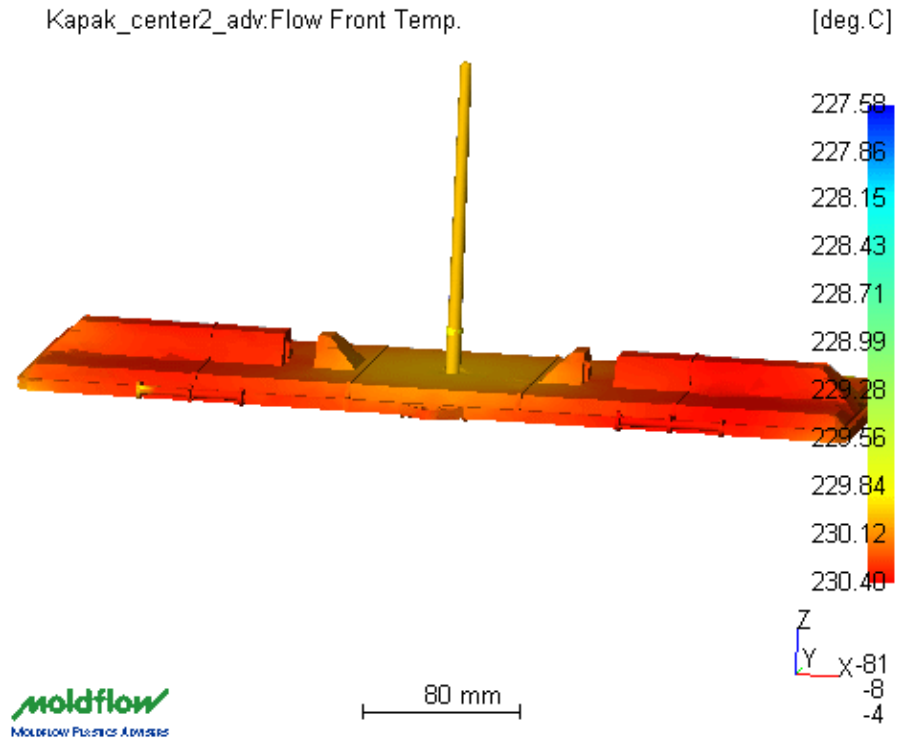
[MPa]



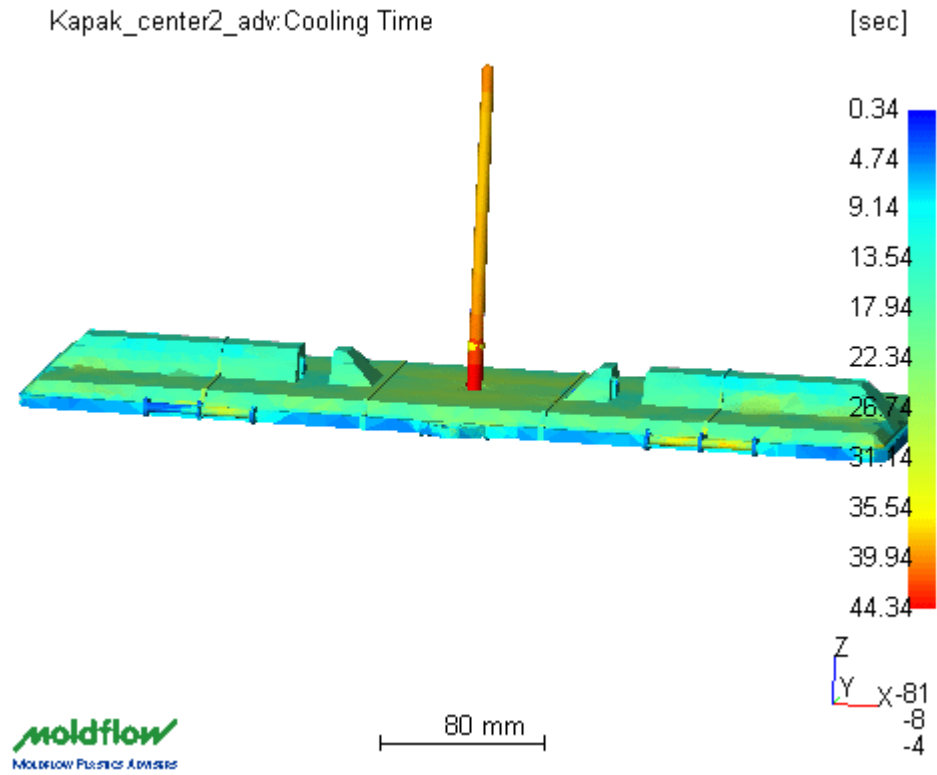
BASINÇ DÜŞÜŞÜ



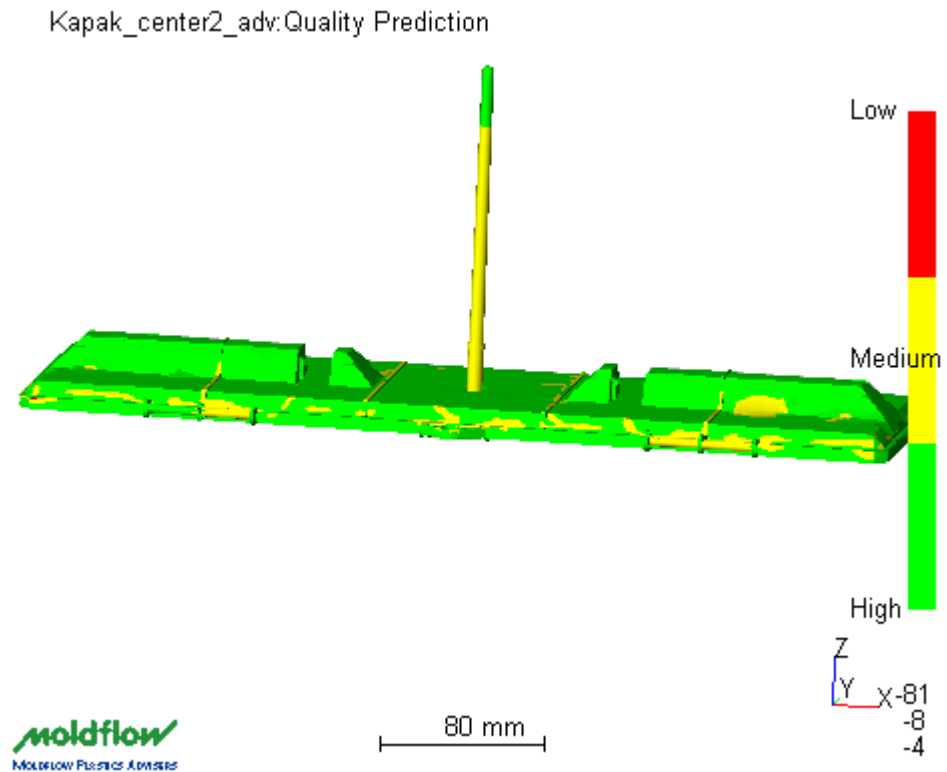
SICAKLIK DAĞILIMI



SOĞUMA ZAMANI

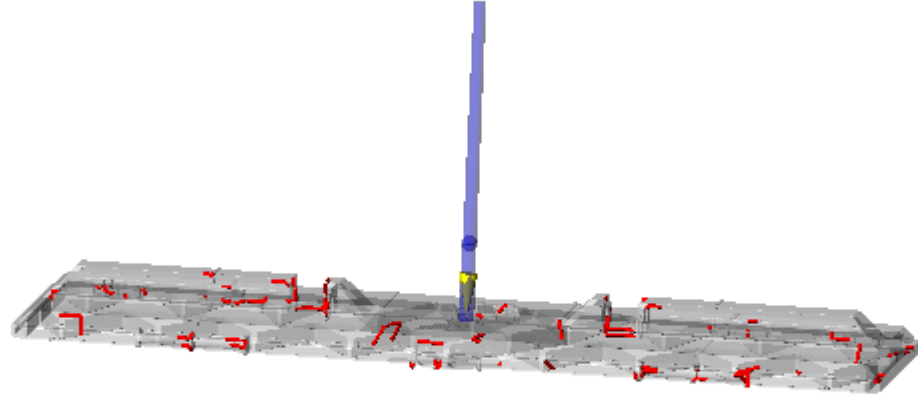


PARÇA KALİTESİ DAĞILIMI



BİRLEŞME İZLERİ

Kapak_center2_adv:Glass Model



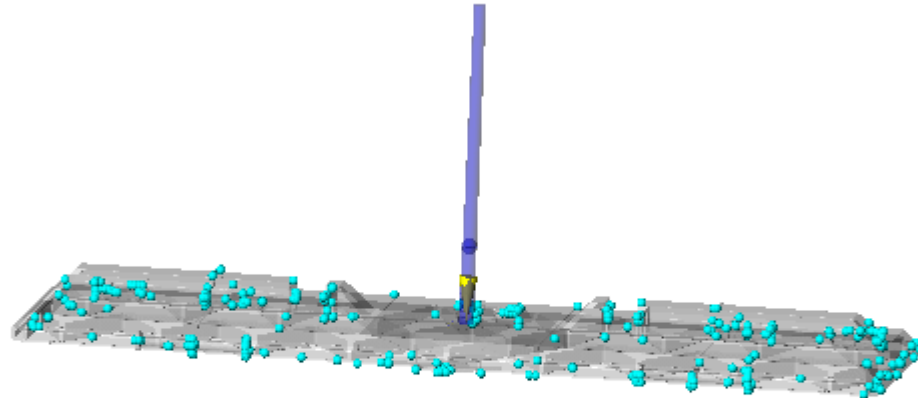
moldflow
Moldflow Plastic Adviser

80 mm

Z
Y X-81
-8
-4

HAVA BOŞLUKLARI

Kapak_center2_adv:Glass Model



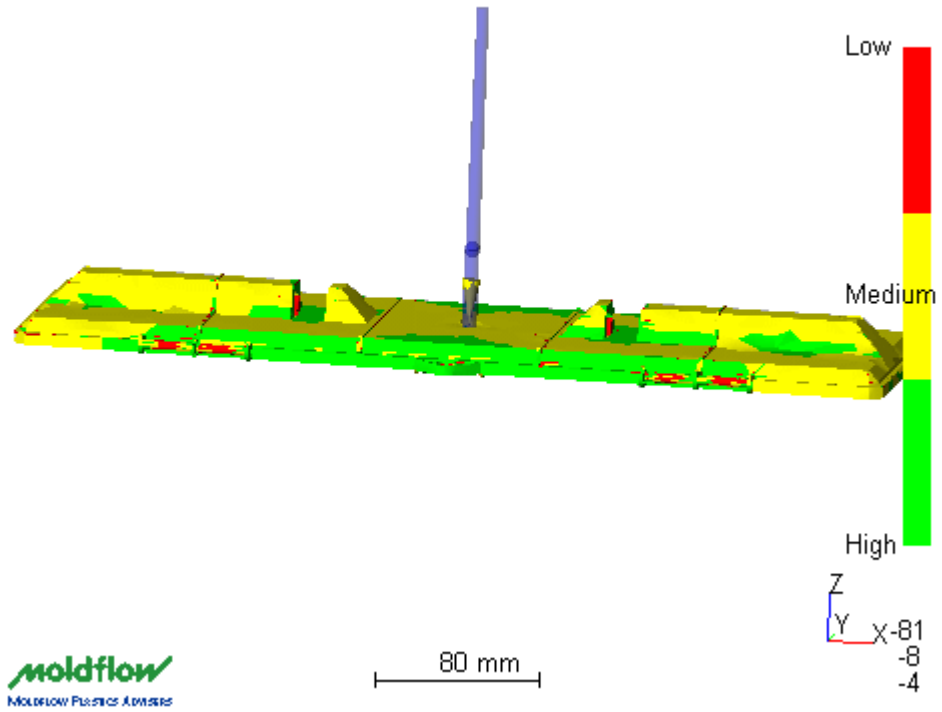
moldflow
Moldflow Plastic Adviser

80 mm

Z
Y X-81
-8
-4

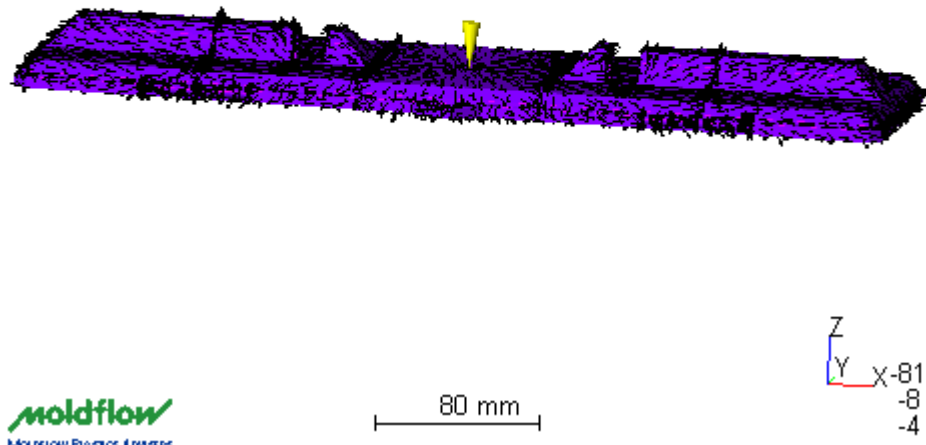
SOĞUMA KALİTESİ

Kapak_center2_adv: Cooling Quality



MALZEME YÖNLENMELERİ

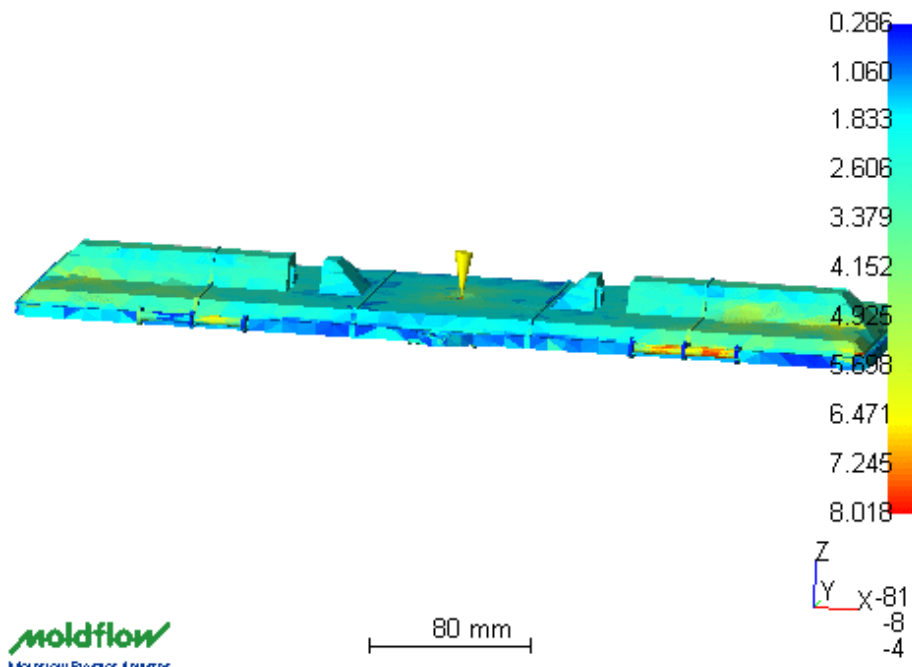
Kapak_center2_adv: Skin Orientation



HACİMSEL ÇEKME

Kapak_center2_adv\Volumetric Shrinkage

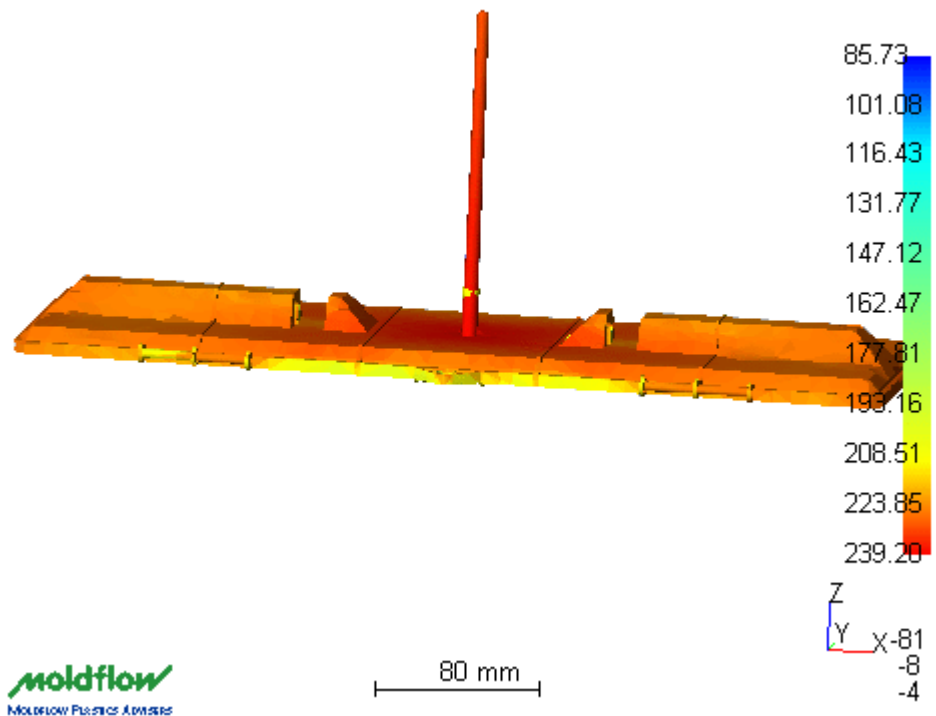
[%]



AVERAGE TEMPERATURE

Kapak_center2_adv:Average Temperature

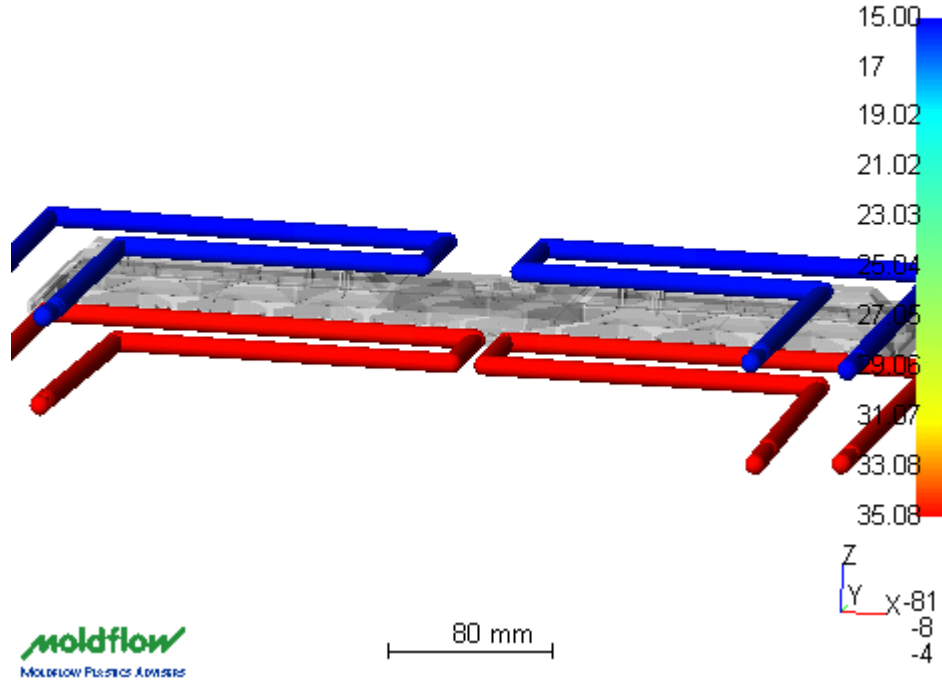
[deg.C]



SOĞUTMA SIVISI SICAKLIĞI

Kapak_center2_adv:Circuit Coolant Temperature

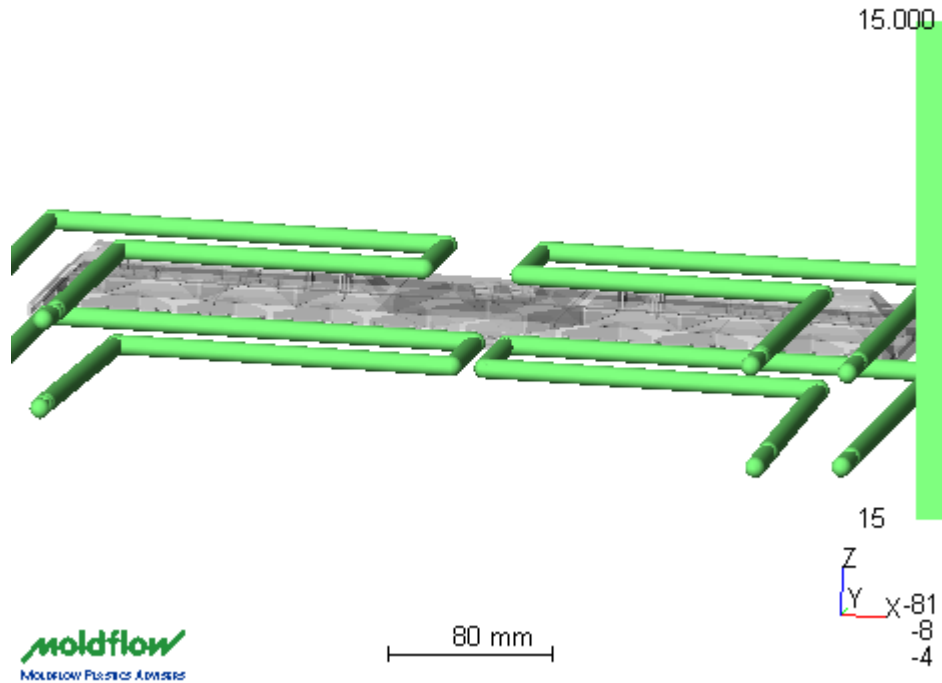
[deg.C]



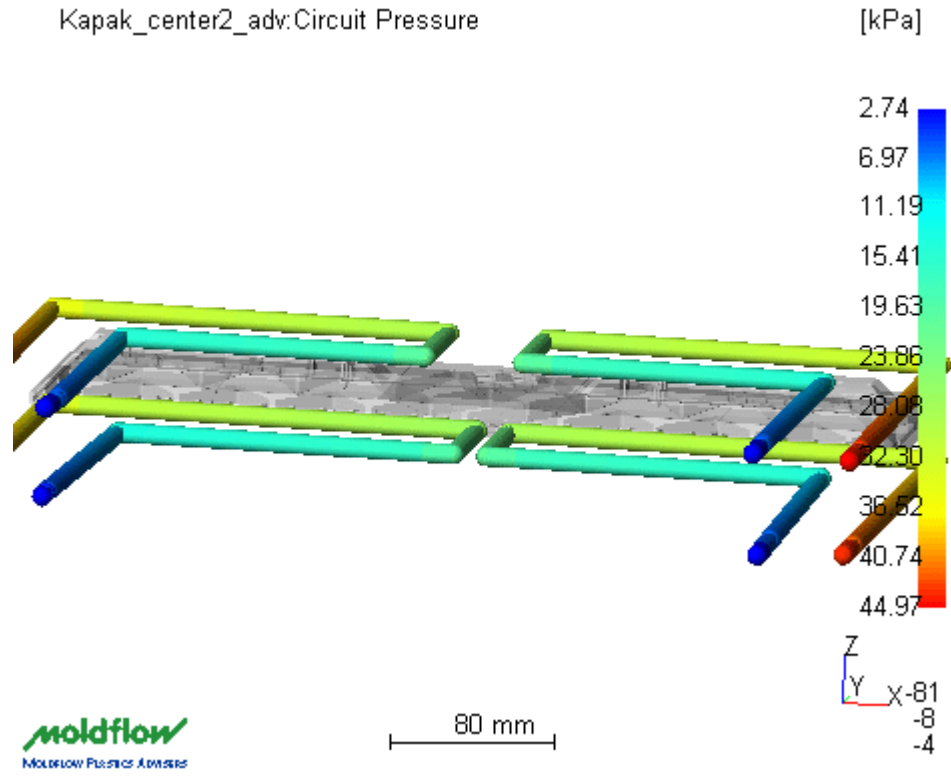
DEVRE AKIŞ MİKTARI

Kapak_center2_adv:Circuit Flow Rate

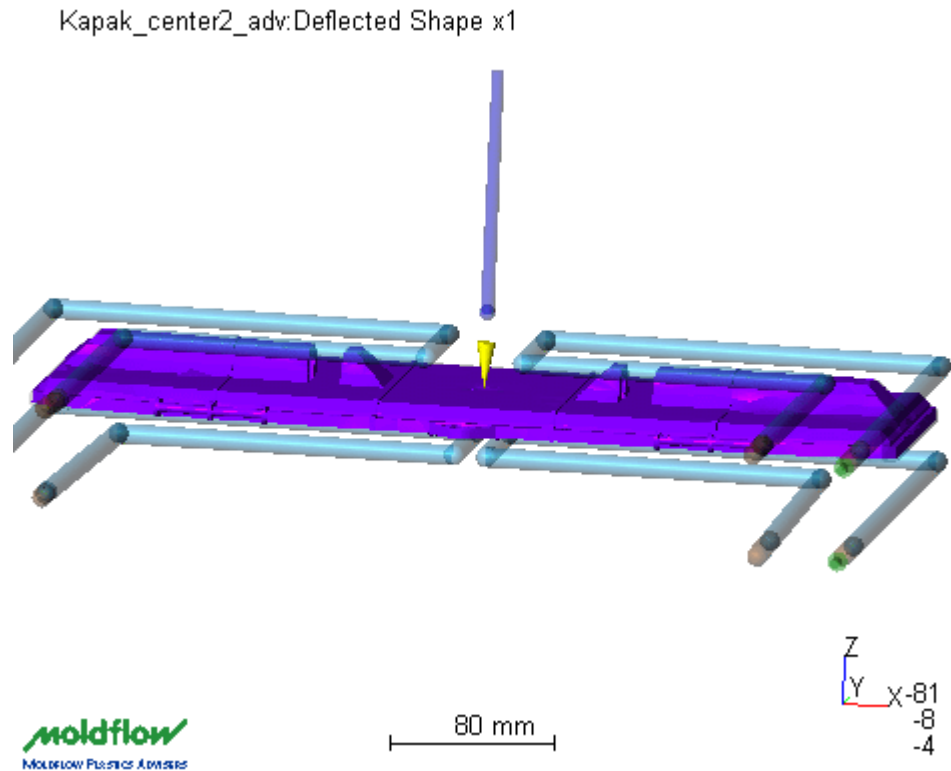
[l/min]



SOĞUTMA DEVRESİ BASINCI

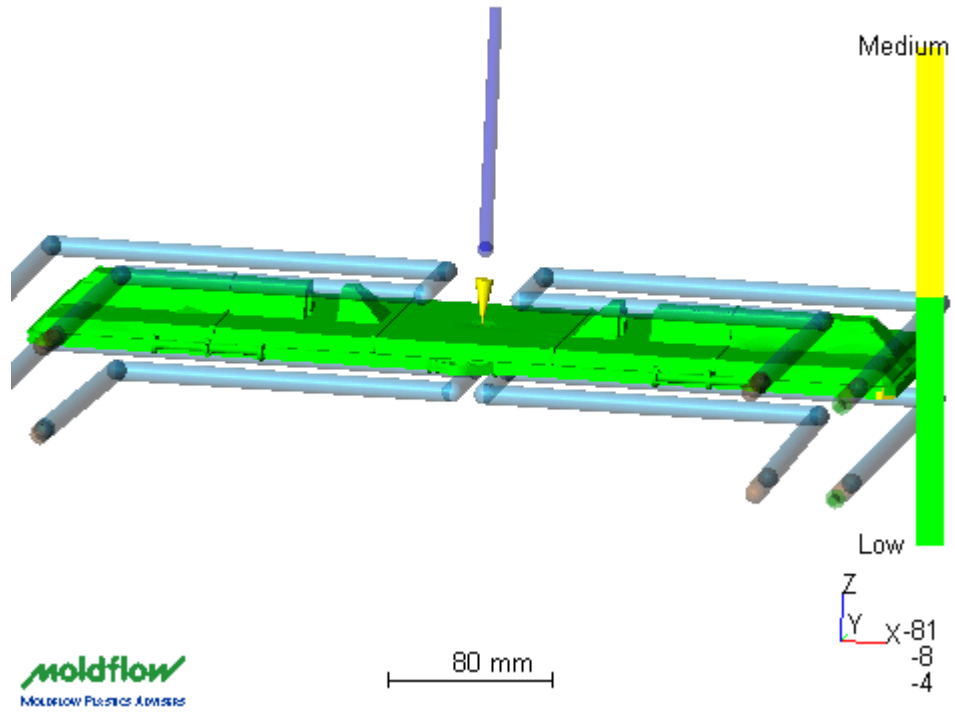


DEFORME OLMUŞ GEOMETRİ



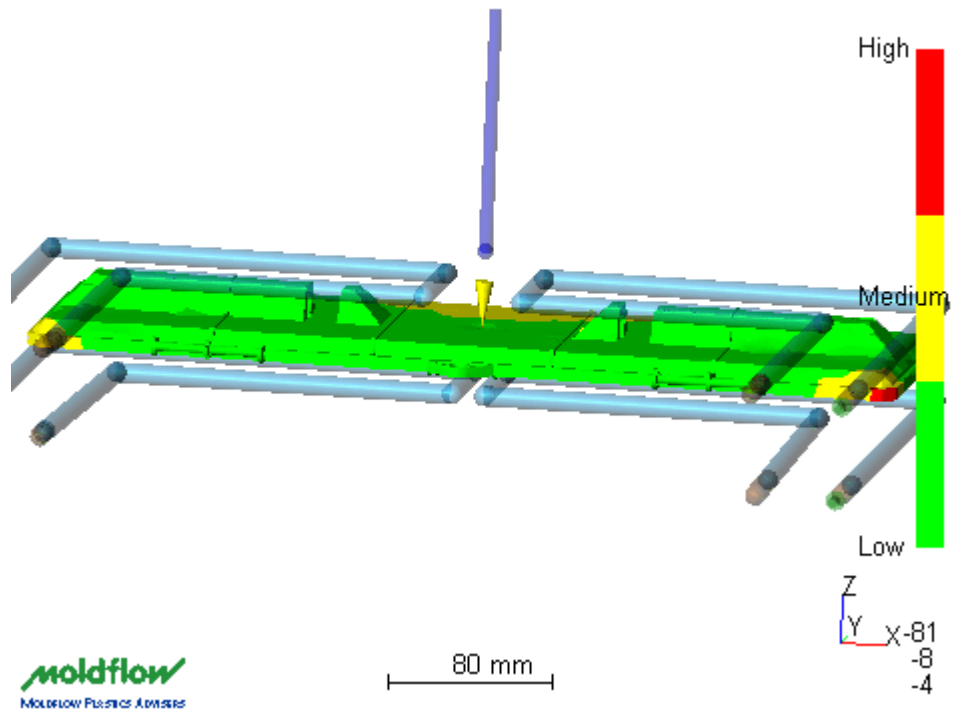
ÇARPILMA(TÜM ETKİLER)

Kapak_center2_adv:Warpage Indicator, All effects



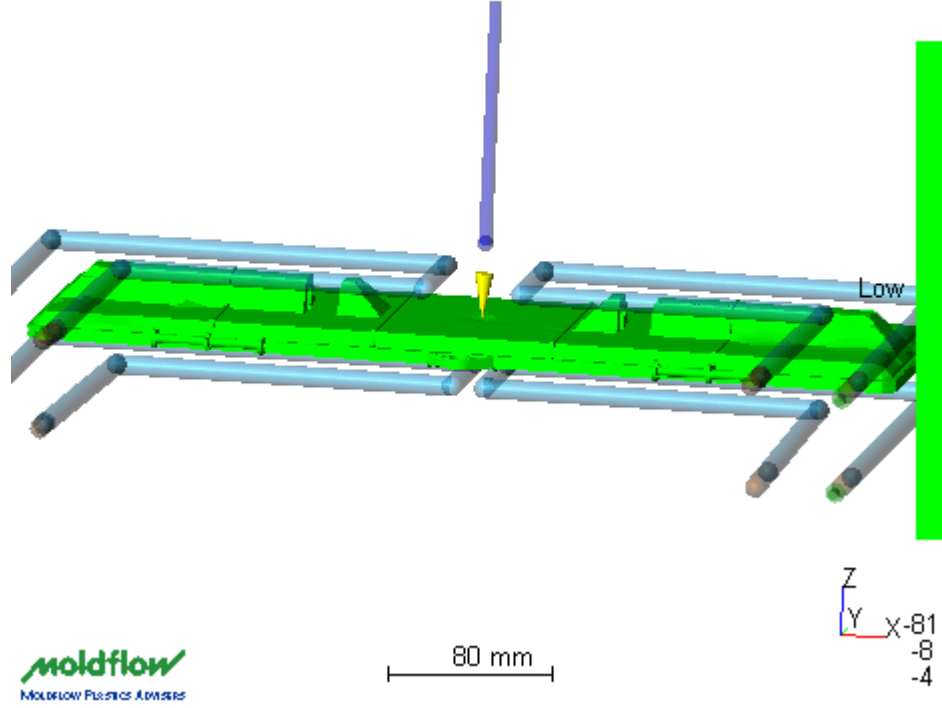
ÇARPILMA (ÇEKME)

Kapak_center2_adv:Warpage Indicator, Shrinkage



ÇARPILMA (ORYANTASYON)

Kapak_center2_adv:Warpage Indicator, Orientation



ANALİZ SONUCU

Soğutucu sıvının sıcaklığı ve debisi değiştirilerek mevcut çarpılma 8mm'den 1.3mm'ye düşürülmüştür. Bu da mevcut parçada çalışma şartlarını etkilemediğinden kalıp konstrüksiyonunda değişikliğe gidilmemesine karar verilmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

27 Eylül 1980 tarihinde Keşan'da doğdum. 1987-1991 yılları arasında Uzunköprü Gazi Mahmut İlkokulunu'na devam ettim. Daha sonra 1991 yılında Edirne Anadolu Lisesi'ne başladım. 1995 yılında Fen liseleri sınavına girdikten sonra Edirne Fen Lisesi'ne kaydoldum. 1997 yılında lise eğitimimi tamamladıktan sonra 1998 yılında üniversite sınavına girdim ve Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde öğrenim görme hakkı elde ettim. 2003 yılının Ocak ayında makine mühendisliği eğitimimi tamamladıktan sonra aynı ay içerisinde İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon programında yüksek lisans eğitimi alma hakkını kazandım. Halen bu programın öğrencisiyim.